

Analisis Sustainability Packaging dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA)

Pujadi ¹⁾ Melfa Yola, S.T., M.Eng ²⁾

**Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Sultan Syarif Kasim Riau**

Abstrak

Penipisan lapisan ozon secara langsung berpotensi mengacaukan iklim dunia serta menyebabkan pemanasan global (*global warming*). Pemenuhan kebutuhan manusia meningkatkan daya konsumsi masyarakat terhadap produk, dimana untuk hampir setiap produk dibungkus oleh kemasan seperti pada kemasan mie instant yang permintaannya semakin meningkat setiap tahunnya terutama di Indonesia yang menempati urutan kedua sebagai negara dengan permintaan mie instant terbesar. Dari permasalahan tersebut, maka dilakukanlah penelitian analisa terhadap kemasan mie instan cup Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystyrene*), mie instan cup Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*), dan mie instan cup Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*), Nissin Newdles 77 gr (*Polystyrene*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dampak yang ditimbulkan dari setiap kemasan mie instan cup, sehingga mengetahui kemasan mie instan cup yang lebih ramah lingkungan (*sustainable*). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisa dampak dari kemasan yang digunakan yaitu dengan menggunakan metode *Life Cycle Assesment* (LCA). *Life Cycle Assesment* (LCA) adalah sebuah mekanisme untuk menganalisa dan memperhitungkan dampak lingkungan total dari suatu produk dalam setiap tahapan daur hidupnya. *Life Cycle Assesment* (LCA) menggunakan satu pendekatan secara keseluruhan “*cradle to grave*” yang dimulai dari pengambilan bahan baku (*raw material*) dari bumi untuk membuat produk dan berakhir pada titik dimana seluruh material kembali kebumi. Adapun hasil yang didapat dengan menggunakan *software* simapro versi 7.3.3. adalah nilai total dampak kontribusi yang diperoleh untuk kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystyrene*) adalah sebesar 0.007456 pt, nilai total dampak kontribusi yang diperoleh untuk kemasan Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*) adalah sebesar 0.014297 pt, nilai total dampak kontribusi yang diperoleh untuk kemasan Nissin Newdles 77 gr (*Polystyrene*) adalah sebesar 0.005929 pt, nilai total dampak kontribusi yang diperoleh untuk kemasan Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*) adalah sebesar 0.005773 pt. Dari semua produk yang diteliti, kemasan mie ABC cup 80 gr (*paper*) merupakan produk yang cukup ramah lingkungan dibandingkan produk lainnya

Kata kunci : *Life Cycle Assesment* (LCA), *ramah lingkungan*

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

²⁾ Dosen Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Sustainability Packaging by Life Cycle Assessment (LCA) Method

Pujadi ¹⁾ Melfa Yola, S.T., M.Eng ²⁾

***Department of Industrial Engineering, Faculty of Science and Technology
State Islamic University (UIN) Sultan Syarif Kasim Riau***

Abstract

Depletion of the ozone layer directly potentially disrupt the world's climate and causing global warming (global warming). Fulfillment of human needs increased power consumption of the product, where for almost every product is wrapped by packaging as the packaging of instant noodles that demand is increasing every year, especially in Indonesia, who finished second in the country with the greatest demand for instant noodles. Of these problems, we conducted this study to the analysis of packaging Nissin Yakisoba noodles cup 80 gr (Polystyrene), instant cup noodles Mi ABC Cup 80 g (Paper), and Pop Mie instant noodles cup 80 gr (Polypropylene), Nissin Newdles 77 gr (Polystyrene). This study aims to analyze the impact of each packaging of instant noodle cup, so knowing a cup of instant noodle packaging more sustainable. One method that can be used to analyze the impact of packaging used is by using Life Cycle Assessment (LCA). Life Cycle Assessment (LCA) is a mechanism to analyze and take into account the total environmental impact of a product at every stage of their life cycle. Life Cycle Assessment (LCA) approach using the whole "cradle to grave" which begins from making raw materials from the earth to create the product and ends at the point where all the material back to earth. The results obtained by using simapro software version 7.3.3. is the total value obtained for the impact contribution Nissin Yakisoba packs 80 gr (Polystyrene) is 0.007456 pt, the total impact of contributions obtained for Pop Mie packs 80 grams (Polypropylene) is 0.014297 pt, the total impact of contributions obtained for Nissin packaging Newdles 77 gr (Polystyrene) is 0.005929 pt, the total impact of contributions obtained for packaging Mi ABC Cup 80 gr (Paper) is 0.005773 pt. Of all the products studied, packing cup noodles ABC 80 gr (paper) is a product that is environmentally friendly compared to other products.

Keywords: Life Cycle Assessment (LCA), sustainable

¹⁾ *Students Faculty of Science and Technology Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau*

²⁾ *Lecturer Faculty of Science and Technology Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau*

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala Puji bagi Allah SWT Tuhan semesta alam. Yang Maha Pengasih yang kasih-Nya tak pernah pilih kasih serta Maha Penyayang yang sayang-Nya tak pernah terbilang. Ucapan syukur kehadiran-Nya akhirnya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai syarat akhir untuk meraih gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Negeri (UIN) Sultan Syarif Kasim Riau. Sholawat serta salam Penulis haturkan kepada Pemimpin Umat, Nabi Muhammad SAW beserta para keluarganya, sahabatnya, dan semua umatnya yang tetap setia menjalankan ajaran Islam. Semoga kita termasuk di dalamnya. Amin.

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun laporan Tugas Akhir yang berjudul "*Analisis Sustainability Packaging dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA)*" ini masih menemui beberapa kesulitan dan hambatan, disamping itu juga menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan-kekurangan lainnya, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak.

Penulis mendapatkan banyak sekali doa, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Atas berbagai bantuan dan dukungan tersebut, pada kesempatan ini penulis menghaturkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, Tuhan sekaligus Pengatur Kehidupan yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir hingga selesai.
2. Kedua Orang Tua penulis Bapak Imron dan Ibu Surati, yang selalu memberikan do'a, semangat serta mimpi kepada penulis. Terima kasih atas semua cinta kasih kalian, kalian orang tua terhebat sedunia.
3. Kepada saudara/I penulis Mbak Yuni, serta Adikku yang tercinta Sofy, Imin, dan Soleh terima kasih untuk semua yang telah kalian berikan.

4. Bapak Ismu Kusumanto, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Industri UIN SUSKA Riau dan penguji, yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan tugas akhir.
5. Ibu Melfa Yola, ST, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing dan memberikan petunjuk yang sangat berharga dalam penulisan laporan ini.
6. Ibu Nofirza, ST, M.Sc, selaku penguji yang selalu memberikan masukan dan saran demi membangun ke arah sempurnanya laporan tugas akhir ini.
7. Kepada seluruh Dosen Teknik Industri yang telah dengan ikhlas menyampaikan ilmunya kepada penulis.
8. Rekan-rekan dari Teknik Industri khususnya dan Fakultas Sains dan Teknologi pada umumnya. Duwi, Suhendra, Eko Z, Anditya, Danang, Marco, Novri, Dani, Maulana, Salamun, Tyo, Arif, Alfian, Sitta, Ruby dan juga Senior dan Junior yang tidak bisa dituliskan satu persatu. Sukses untuk kita semua...Amin

Pekanbaru, 10 November 2013

PUJADI
NIM : 10852003991

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRAK.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-4
1.3 Tujuan	I-4
1.4 Manfaat	I-5
1.5 Batasan Masalah	I-5
1.6 Posisi Penelitian.....	I-6
1.7 Sistematika Penulisan Laporan	I-8

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Keberlanjutan (<i>sustainability</i>)	II-1
2.2 <i>Life Cycle Analysis</i> (LCA).....	II-2
2.2.1 Defenisi <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA).....	II-2
2.2.2 Standar Dan Kebijakan Lingkungan.....	II-4

2.2.2.1	<i>International Standard Organisation</i>	
	(ISO).....	II-4
2.2.2.2	Standar Nasional Indonesia (SNI).....	II-6
2.2.2.3	Kebijakan Pemerintah	II-7
2.2.3	Karakteristik dan Batasan dari LCA	II-8
2.2.4	Prinsip <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	II-9
2.3	Metodologi <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	II-11
2.3.1	<i>Goal and Scope Defenition</i>	II-12
2.3.2	<i>Life Cycle Inventory</i> (LCI).....	II-13
2.3.3	<i>Life Cycle Impact Assessment</i> (LCIA)	II-14
2.3.4	<i>Intrepretation</i>	II-21
2.4	<i>Software SimaPro 7.3.3</i>	II-22
2.5	Kemasan (<i>Packaging</i>).....	II-25
2.5.1	Defenisi Kemasan (<i>Packaging</i>)	II-24
2.5.2	Syarat Kemasan	II-25
2.5.3	Tujuan Kemasan	II-26
2.5.4	Manfaat Kemasan	II-27
2.6	Bahan Kemasan	II-27
2.6.1	Polimer.....	II-27
2.6.1.1	Polimerisasi	II-28
2.6.1.2	Klasifikasi Polimer	II-28
2.6.2	<i>Polystyrene</i> (<i>Styrofoam</i>)	II-29
2.6.2.1	Defenisi dan Sifat <i>Polystyrene</i>	
	(<i>Styrofoam</i>).....	II-29
2.6.2.2	Proses Pembuatan <i>Polystyrene</i>	II-30
2.6.2.3	<i>Polystyrene</i> Sebagai Kemasan Makanan	II-31
2.6.2.4	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi	
	Laju Migrasi Kemasan <i>Styrofoam</i>	II-32
2.6.2.5	Bahaya Penggunaan Kemasan	
	<i>Styrofoam</i> Bagi Kesehatan	II-34

2.6.2.6	Bahaya Penggunaan Kemasan <i>Styrofoam</i> Bagi Lingkungan.....	II-35
2.6.2.7	Beberapa Upaya Menghindari Bahaya Kemasan <i>Styrofoam</i>	II-36
2.6.3	<i>Polypropylene</i>	II-36
2.6.3.1	Struktur <i>Polipropilena</i>	II-37
2.6.3.2	Kegunaan <i>Polipropilena</i>	II-38
2.6.4	<i>High Density Polyethylene</i> (HDPE)	II-39
2.6.5	<i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE).....	II-39
2.6.6	Kemasan Alumunium Foil.....	II-40
2.6.7	Kemasan kertas.....	II-40
2.6.7.1	Jenis-jenis Kertas.....	II-41

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Tahapan Penelitian	III-1
3.2	Studi pendahuluan	III-2
3.3	Studi pustaka.....	III-2
3.4	Identifikasi permasalahan	III-2
3.5	Perumusan masalah	III-2
3.6	Pengumpulan Data.....	III-3
3.7	Pengolahan data Metode <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA).....	III-4
3.7.1	<i>Goal & Scope</i>	III-4
3.7.2	<i>Life Cycle Inventory</i> (LCI)	III-4
3.7.3	<i>Life Cycle Impact Assessment</i> (LCIA).....	III-4
3.7.4	<i>Interpretation</i>	III-5
3.8	Analisa	III-5
3.9	Tahap kesimpulan dan saran.....	III-5

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1	Pengumpulan Data.....	IV-1
4.1.1	Data Spsifikasi Produk.....	IV-2
4.1.2	<i>Life Cycle Inventory</i> (LCI).....	IV-3

4.1.2.1	<i>Life Cycle Inventory (LCI) Kemasan</i> Nissin Yakisoba 80 gr (<i>Polystyrene</i>)	IV-3
4.1.2.2	<i>Life Cycle Inventory (LCI) Kemasan</i> Pop Mie 80 gr (<i>Polypropylene</i>)	IV-9
4.1.2.3	<i>Life Cycle Inventory (LCI) Kemasan</i> Newdles 77 gr (<i>Polystyrene</i>)	IV-15
4.1.2.4	<i>Life Cycle Inventory (LCI) Kemasan</i> Mi ABC Cup 80 gr (<i>Paper</i>)	IV-20
4.2	Pengolahan Data	IV-26
4.2.1	<i>Life Cycle Impact Assessment (LCIA)</i>	IV-26
4.2.1.1	<i>Life Cycle Flowchart</i>	IV-26
4.2.1.2	<i>Characterization</i>	IV-32
4.2.1.3	<i>Normalization</i>	IV-34
4.2.1.4	<i>Weighting</i>	IV-36
4.2.1.5	<i>Single Score</i>	IV-38

BAB V ANALISA

5.1	<i>Analisa Life Cycle Impact Assessment (LCIA)</i>	V-1
5.1.1	<i>Analisa Life Cycle Flowchart</i>	V-1
5.1.2	<i>Analisa Characterization</i>	V-4
5.1.3	<i>Analisa Normalization</i>	V-7
5.1.4	<i>Analisa Weighting</i>	V-8
5.1.5	<i>Analisa Single Score</i>	V-9
5.2	Proses Perbaikan	V-11
5.2.1	Bahan Alternatif	V-11
5.2.2	Optimalisasi Proses Produksi	V-12
5.2.3	Optimalisasi Fase Penggunaan	V-12
5.2.4	<i>Recycling (Daur Ulang)</i>	V-12
5.2.5	<i>Emission Reduction (Pengurangan Emisi)</i>	V-13
5.3	Batasan Menggunakan Sima Pro 7.3.3	V-13

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan	VI-1
6.2 Saran	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kemasan mi instan cup	I-4
Gambar 2.1	Pertukaran aliran dalam LCA.....	II-3
Gambar 2.2	Skema <i>ISO 14000 Series</i>	II-5
Gambar 2.3	<i>Framework</i> LCA menurut ISO 14040	II-12
Gambar 2.4	Struktur <i>Propilena</i>	II-24
Gambar 2.5	<i>Polipropilena</i>	II-25
Gambar 3.1	<i>Flow chart</i> Tahapan Penelitian	III-1
Gambar 4.1	Diagram Proses Produksi Kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (<i>Polystyrene</i>).....	III-4
Gambar 4.2	Proses Produksi Kemasan Pop Mie 80 gr (<i>Polypropylene</i>) ...	III-10
Gambar 4.3	Diagram Proses Produksi Kemasan Nissin Newdles 77 gr (<i>Polystyrene</i>).....	III-16
Gambar 4.4	Diagram Proses kemasan Mi ABC Cup 80 gr (<i>Paper</i>).....	III-22
Gambar 4.5	<i>Flowchart</i> Nissin Yakisoba 80 gr (<i>Polystyrene</i>).....	III-28
Gambar 4.6	<i>Flowchart</i> Pop Mie 80 gr (<i>Polypropylene</i>)	III-29
Gambar 4.7	<i>Flowchart</i> Nissin Newdles 77 gr (<i>Polystyrene</i>)	IV-30
Gambar 4.8	<i>Flowchart</i> Mi ABC Cup 80 gr (<i>Paper</i>).....	IV-31
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan <i>Characterization</i> Setiap Produk	IV-33
Gambar 4.10	Grafik Perbandingan <i>Normalization</i> Setiap Produk.....	IV-35
Gambar 4.11	Grafik Perbandingan <i>Weighting</i> Setiap Produk	IV-37
Gambar 4.12	Grafik Perbandingan <i>Single Score</i> Setiap Produk.....	IV-39

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Estmasi Permintaan Terhadap Mi Instan	I-3
Tabel 1.1	Posisi Penelitian Tugas Akhir	I-7
Tabel 2.1	Jenis dan contoh makanan dan minuman yang tidak boleh dikemas dengan kemasan <i>Styrofoam</i>	IV-18
Tabel 2.2	Karakteristik <i>Polypropylene</i>	IV-25
Tabel 4.1	Spesifikasi Produk.....	IV-2
Tabel 4.2	Jenis Material <i>Databased Sima Pro</i>	IV-7
Tabel 4.3	Proses Manufaktur <i>Databased Sima Pro</i>	IV-8
Tabel 4.4	Persentase Skenario Limbah (<i>Waste Scenario</i>).....	IV-8
Tabel 4.5	Jenis Material <i>Databased Sima Pro</i>	IV-13
Tabel 4.6	Proses Manufaktur <i>Databased Sima Pro</i>	IV-14
Tabel 4.7	Persentase Skenario Limbah (<i>Waste Scenario</i>).....	IV-14
Tabel 4.8	Jenis Material <i>Databased Sima Pro</i>	IV-19
Tabel 4.9	Proses Manufaktur <i>Databased Sima Pro</i>	IV-19
Tabel 4.10	Persentase Skenario Limbah (<i>Waste Scenario</i>).....	IV-20
Tabel 4.11	Jenis Material <i>Databased Sima Pro</i>	IV-24
Tabel 4.12	Proses Manufaktur <i>Databased Sima Pro</i>	IV-25
Tabel 4.13	Persentase Skenario Limbah (<i>Waste Scenario</i>).....	IV-25
Tabel 4.14	Perbandingan <i>Characterization</i> LCA Setiap Produk.....	IV-32
Tabel 4.15	Perbandingan <i>Normalization</i> Setiap Produk	IV-34
Tabel 4.16	Perbandingan <i>Weighting</i> Setiap Produk.....	IV-36
Tabel 4.17	<i>Single Score</i> dari Setiap Produk.....	IV-38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Input Data untuk Nissin Yakisoba 80 gr (<i>Polystrene</i>)	1
Lampiran B	Input Data untuk Pop Mie 80 gr (<i>Polypropylene</i>).....	2
Lampiran C	Input Data untuk Nissin Newdles 77 gr (<i>Polystrene</i>)	4
Lampiran D	Input Data untuk Mi ABC Cup 80 gr (<i>Paper</i>)	5

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Persoalan lingkungan hidup dewasa ini semakin memperoleh perhatian meskipun keseriusan dalam penanganannya masih tetap kurang konsisten. Kepedulian pada lingkungan hidup adalah tantangan global bagi semua pihak terutama pada sektor industri karena memberi dampak langsung terhadap lingkungan sekitarnya yang telah menciptakan perubahan dalam lingkungan. Bukti-bukti yang ditunjukkan para ilmuwan dan pemerhati lingkungan, seperti penipisan lapisan ozon yang secara langsung berpotensi mengacaukan iklim dunia serta pemanasan global (*global warming*) yang memperkuat alasan kekhawatiran tersebut. Pemanasan global (*global warming*) pada dasarnya merupakan fenomena peningkatan temperatur global dari tahun ke tahun karena terjadinya efek rumah kaca (*greenhouse effect*). Pemanasan global menimbulkan dampak yang luas dan serius bagi lingkungan bio-geofisik seperti pelelehan es di kutub, kenaikan muka air laut, perluasan gurun pasir, peningkatan hujan dan banjir, perubahan iklim dan sebagainya (Husain, 2010).

Dengan permasalahan lingkungan yang ada mendorong sektor industri mulai memperhatikan aspek lingkungan dalam setiap kegiatannya. Beberapa alasan lain adalah peraturan-peraturan mengenai lingkungan pelestarian seperti kesepakatan Nota Kesepahaman (Mou) dengan Badan Perlindungan Lingkungan Hidup (*Environmental Protection Agency* - EPA) AS di Jakarta pada bulan Juni 2011. Nota kesepahaman (Mou) merupakan langkah positif dalam upaya menghadapi tantangan besar dalam melindungi lingkungan hidup serta menambah pengetahuan dan keahlian Indonesia dalam meminimalkan dampak kerusakan lingkungan (Suara merdeka, 28 juni 2011).

Adanya berbagai kebijakan di bidang lingkungan inilah yang kemudian menjadi berkembangnya suatu konsep yang dapat menemukan solusi atas penyelesaian masalah lingkungan yang disebut dengan konsep *sustainability*.

Konsep ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan sekarang tanpa mengurangi kemampuan pemenuhan kebutuhan bagi generasi yang akan datang. Prinsip konsep *sustinabilty* ini mempelajari bagaimana organisasi dapat memproduksi barang dan jasa yang lebih bermanfaat, sekaligus mengurangi dampak lingkungan yang negatif, serta konsumsi sumber daya alam yang berlebihan (Novia, 2011).

Pemenuhan kebutuhan manusia meningkatkan daya konsumsi masyarakat terhadap berbagai macam produk. Dimana untuk hampir setiap produk yang kita konsumsi dibungkus oleh kemasan. Menurut Christine (2000) kemasan/*packaging* dapat didefinisikan seluruh kegiatan perancangan dan produksi wadah atau pembungkus untuk sebuah produk. Masyarakat cenderung memiliki persepsi negatif yang menganggap bahwa kemasan dari suatu produk merupakan sesuatu yang tidak bermanfaat atau bernilai apabila dibandingkan dengan produk yang dikemasnya. Padahal produk yang telah digunakan meninggalkan kemasan yang terbuang begitu saja dan hanya beberapa yang dapat didaur ulang kembali.

Fungsi dasarnya yang memberikan perlindungan, kemudahan dalam penggunaan produk, dan penyimpanan tidak sebanding dengan akibat yang ditimbulkan terhadap lingkungan. Beberapa produk biasanya dikemas dengan berbagai *part* (komponen) dan berbagai jenis material sebagai pembungkusnya. Sebagai contoh pada produk rokok, dimana hanya untuk membungkus rokok terdiri dari beberapa *part* (komponen) seperti kotak pembungkus rokok, plastik pembungkus kotak rokok, pembungkus kotak rokok dalam satu lusin (slop), dan terakhir kardus pembungkus slop. Keadaan ini semakin memberikan dampak yang serius terhadap lingkungan terlebih pada kemasan sekali pakai (*disposable*). Penggunaan kemasan sekali pakai yang terbuang untuk jenis *non-biodegradable* sangat sulit terurai secara alami dan membutuhkan waktu yang sangat lama. Salah satu kemasan olahan pangan yang hanya menggunakan kemasannya sekali pakai adalah mie instan cup. Pada Tabel 1.1 dan menunjukkan estimasi permintaan terhadap mie instan di beberapa negara.

Tabel 1.1 Estmasi Permintaan Terhadap Mie Instan (*unit=1 million bags/cups*)

No	Country / Region	2008	2009	2010	2011
1	China	42,53	40,86	42,3	42,47
2	Indonesia	13,7	13,93	14,4	14,53
3	Japan	5,1	5,34	5,29	5,51
4	Vietnam	4,07	4,3	4,82	4,9
5	USA	3,95	4,08	3,96	4,03
6	Republic of Korea	3,34	3,48	3,41	3,59
7	India	1,48	2,28	2,94	3,53
8	Thailand	2,17	2,35	2,71	2,88
9	Philippines	2,5	2,55	2,7	2,84
10	Brazil	1,69	1,87	2	2,14
11	Russia	2,4	2,14	1,9	2,06
12	Nigeria	1,4	1,6	1,67	1,79
13	Malaysia	1,21	1,2	1,22	1,32
14	Mexico	0,86	0,86	0,83	0,85
15	Nepal	0,51	0,59	0,73	0,82

Sumber : *World Instant Noodles Association (WINA)*

Dari tabel 1.1 menunjukkan kecenderungan peningkatan permintaan setiap tahunnya akan mie instan setiap negara, hal ini menjadi masalah yang serius akan dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan. Salah satu alasan terjadinya peningkatan permintaan akan produk tersebut yaitu karena kecenderungan masyarakat modern yang ingin segala sesuatunya mudah dan praktis, hal ini juga yang menempatkan Indonesia di urutan kedua sebagai negara dengan permintaan mie instan terbesar di dunia.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisa dampak dari kemasan yang digunakan yaitu dengan menggunakan metode *Life Cycle Assesment (LCA)*. *Life Cycle Assesment (LCA)* adalah sebuah mekanisme untuk menganalisa dan memperhitungkan dampak lingkungan total dari suatu produk dalam setiap tahapan daur hidupnya. Dimulai dari persiapan bahan mentah, proses produksi, penjualan dan transportasi, serta pembuangan produk (ISO 14040:1997) dalam (Nirwanto, 2012).

Life Cycle Assesment (LCA) menggunakan satu pendekatan secara keseluruhan “*cradle to grave*” atau “sejak kelahiran sampai dengan kematian” yang dimulai dari pengambilan bahan baku (*raw material*) dari bumi untuk

membuat produk dan berakhir pada titik dimana seluruh material kembali kebumi. LCA terdiri dari empat tahapan utama, yaitu penentuan definisi dan ruang lingkup, analisis persediaan, penilaian dampak, serta interpretasi (ISO 14040:1997).

Dari permasalahan tersebut, maka dilakukanlah penelitian analisa terhadap kemasan mie instan cup Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystrene*), Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*), Nissin Newdles 77 gr (*Polystrene*), dan Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*) untuk mengetahui kemasan yang lebih ramah lingkungan . Adapun contoh kemasan mie instan cup yang beredar dipasaran saat ini dapat dilihat pada pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Kemasan Mie Instan Cup

Dengan konsep *sustainability* serta pendekatan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) terhadap objek yang diteliti, maka peneliti memberikan judul pada penelitian ini yaitu “**Analisis Sustainability Packaging dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA)**”.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisa kemasan mie instan cup yang lebih ramah lingkungan dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA).

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengidentifikasi dampak kemasan mie instan cup dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk menemukan produk yang lebih ramah lingkungan.
2. Menganalisa dampak yang ditimbulkan dari setiap kemasan mie instan cup

1.4. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, adapun Pihak-pihak tersebut antara lain:

1. Bagi peneliti, penelitian ini dapat menjadi sumber referensi dan informasi untuk memungkinkan penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan tentang metode *Life Cycle Assessment* (LCA).
2. Bagi perusahaan, bahan referensi yang diharapkan dapat memberikan pengetahuan dan informasi untuk pertimbangan dalam pengambilan kebijakan agar perusahaan lebih peduli terhadap lingkungan.
3. Bagi universitas, dengan penelitian dapat menambah referensi serta daftar pustaka di Universitas Islam Negeri Sultan S ttttyarif Kasim Riau mengenai pentingnya dan manfaat dari metode *Life Cycle Assessment* (LCA) yang diharapkan dapat bermanfaat dalam perkembangan ilmu pengetahuan.

1.5. Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah tidak terlalu luas cakupannya, maka penulis membatasi masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Obyek yang diteliti adalah kemasan mie instan cup Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystrene*), mie instan cup Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*), Nissin Newdles 80 gr (*Polystrene*), dan mie instan cup Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*).
2. Bagian kemasan yang diteliti adalah *cup* (wadah) dan *lid* (penutup).
3. *Software* yang digunakan yaitu Sima Pro versi 7.3.3.

1.6. Posisi Penelitian

Penelitian mengenai metode *Life Cycle Assessment* (LCA) juga pernah dilakukan sebelumnya oleh beberapa orang peneliti. Agar dalam penelitian ini tidak terjadi penyimpangan dan penyalinan maka perlu ditampilkan posisi penelitian, pada tabel 1.2 menampilkan posisi penelitian.

Tabel 1.2 Posisi Penelitian Tugas Akhir

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan	Objek Penelitian	Metode	Tahun
Mohamad Yani, Ikawati Purwaningsih dan Nandang Munandar	Penilaian daur hidup (<i>Life Cycle Assessment</i>) gula pada pabrik gula tebu	Identifikasi siklus hidup pada proses produksi gulamenggunakan LCA	PT PG Rajawali II Unit PG Subang	<i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	2012
Rahmanizar Maksum Yunianto, Udisubakti Ciptomulyono	Kajian <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) untuk perbaikan produksi air bersih instalasi pengolahan air minum (IPAM) ngagel II PDAM surabaya dengan pendekatan <i>Analytic Network Process</i> (ANP)	Menganalisa dampak lingkungan yang terjadi dari serangkaian proses pengolahan air bersih di IPAM PDAM	<i>IPAM Ngagel II.</i>	<i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) dan analitical network process (ANP)	2011
Kadek aditya pringgajaya, udisubakti ciptomulyono	Implementasi <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) dan pendkatan <i>Analitycal Network Process</i> (ANP) untuk pengembangan produk <i>hetric lamp</i> yang ramah lingkungan	Memberi alternatif komponen produk <i>hetric lamp</i> yang lebih ramah lingkungan	UKM PT. Inovasi Ide Utama	<i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) dan Analitical Network Process (ANP)	2012
Pujadi	Analisis <i>sustainability packaging</i> dengan metode <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	Mengidentifikasi kemasan yang lebih ramah lingkungan	Kemasan mie instan cup Nissin Yakisoba 80 gr (<i>Polystrene</i>), mie instan cup Mi ABC Cup 80 gr (<i>Paper</i>), dan mie instan cup Pop Mie 80 gr (<i>Polypropylene</i>), Nissin Newdles 77 gr (<i>Polystrene</i>)	<i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	2013

1.7. Sistematika Penulisan

Agar tugas akhir ini tersusun dengan baik maka perlu adanya suatu sistematika didalam penulisannya, adapun sistematika tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan ini menjelaskan latar belakang yang berkenaan dalam permasalahan, tujuan dari pembahasan mengenai pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) serta permasalahan-permasalahan yang terdapat dalam pembahasan tersebut.

BAB II LANDASAN TEORI

Mencakup semua teori serta prinsip yang mendukung untuk penulisan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian menguraikan seluruh kegiatan yang dilaksanakan selama kegiatan penelitian berlangsung.. Gunanya untuk mengarahkan dan mempermudah proses analisis dalam mencari solusi dalam memecahkan masalah, merancang manajemen penelitian secara layak serta untuk menentukan kualitas dari suatu penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi penjelasan tentang data-data yang dikumpulkan peneliti untuk memberikan input atau masukan data awal yang akan diolah dalam tahapan penelitian selanjutnya. Kemudian data tersebut akan diolah dengan metode yang digunakan dalam rangka penyelesaian permasalahan dalam penelitian tugas akhir ini.

BAB V ANALISA

Bab ini berisikan tentang analisa yang menyangkut semua data yang diperoleh dan yang telah diolah pada bab sebelumnya.

BAB VI KESIMPULAN DANA SARAN

Rangkuman dari proses pengumpulan dan pengolahan data yang dikemudian dianalisa untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Serta saran yang dikemukakan untuk praktikum dan penyusunan laporan pada masa yang akan datang.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Keberlanjutan (*sustainability*)

Keberlanjutan kata ini berasal dari bahasa Latin *sustinere* (*tenere*, untuk menahan) adalah, (*sus* untuk mempertahankan), (*up* untuk dukungan atau bertahan). Kata *nachhaltigkeit* (bahasa Jerman untuk keberlanjutan) berarti upaya melestarikan sumber daya alam untuk masa depan. Istilah ini berarti suatu upaya untuk tidak akan pernah memanen lebih banyak daripada kemampuan panen hutan pada kondisi normal Terdapat dua sudut pandang yang berbeda terkait hubungan antara manusia dengan alam. Salah satu sudut pandang menekankan pada adaptasi dan harmoni, sedangkan di posisi yang lain melihat alam sebagai sesuatu yang harus ditaklukkan (Kuhlman, 2010) dalam (Novia 2011).

Makna lain dari keberlanjutan dikemukakan oleh Solow (1991) dalam (Novia, 2011) mengemukakan keberlanjutan sebagai hasil masyarakat yang memungkinkan generasi mendatang setidaknya tetap memiliki kekayaan alam yang sama dengan generasi yang ada pada saat ini. Dalam pidatonya menjelaskan bahwa keberlanjutan tidak berarti kemudian memerlukan penghematan sumber daya yang sedemikian khusus, melainkan hanya memastikan kecukupan sumber daya (kombinasi dari sumber daya manusia, fisik, dan alam) untuk generasi mendatang, sehingga membuat standar hidup mereka setidaknya sama baiknya dengan generasi saat ini. Ide utama yang dimiliki oleh Solow adalah bentuk peningkatan usaha untuk terus berupaya meninggalkan sumber daya yang cukup bagi generasi mendatang secara berkelanjutan. Sehingga masalah utamanya yakni keputusan mengenai seberapa banyak yang akan dikonsumsi saat ini, bila dibandingkan dengan seberapa banyak yang mampu dilakukan, sebagai faktor penggerak utama bagi *sustainability* (Novia, 2011).

Pandangan lain mengenai *sustainability* dari Daly (2006) mengatakan *sustainability* merupakan suatu keadaan yang dapat dipertahankan dalam jangka

waktu yang tidak terbatas. Dari pernyataan ini diusulkan tiga kaidah operasional dalam mendefinisikan keadaan dari *sustainability*, yaitu :

1. Sumber daya alam yang dapat diperbarui seperti ikan, tanah, dan air harus digunakan tidak lebih cepat dari waktu yang dibutuhkan sumber daya alam tersebut untuk diperbarui kembali.
2. Sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui seperti bahan bakar dari fosil dan mineral harus digunakan tidak lebih cepat dari kemampuan sumber daya alam yang dapat diperbarui untuk menggantikannya.
3. Polusi dan sampah harus dikeluarkan tidak lebih cepat daripada kemampuan alam untuk menyerapnya, mendaur ulangnya, atau bahkan memusnahkannya.

2.2. *Life Cycle Assessment (LCA)*

2.2.1. *Defenisi Life Cycle Assessment (LCA)*

Konsep dasar dari *Life Cycle Assessment (LCA)* ini didasarkan pada pemikiran bahwa suatu sistem industri tidak lepas kaitannya dengan lingkungan tempat industri itu berada. Dalam suatu sistem industri terdapat *input* dan *output*. *Input* dalam sistem adalah material-material yang diambil dari lingkungan dan *output* nya akan dibuang ke lingkungan kembali. *Input* dan *output* dari sistem industri ini tentu saja akan memberi dampak terhadap lingkungan. Pengambilan material (*input*) yang berlebihan akan menyebabkan semakin berkurangnya persediaan material, sedangkan hasil keluaran dari sistem industri yang bisa berupalimbah (padat, cair, udara) akan banyak memberi dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu *Life Cycle Assessment (LCA)* berusaha untuk melakukan evaluasi untuk meminimumkan pengambilan material dari lingkungan dan juga meminimumkan limbah industri.

Life cycle Assessment (LCA) adalah sebuah mekanisme untuk menganalisa dan memperhitungkan dampak lingkungan total dari suatu produk dalam setiap tahapan daur hidupnya. Dimulai dari persiapan bahan mentah, proses produksi, penjualan dan transportasi, serta pembuangan produk (ISO 14040:1997). Konsep dalam *Life cycle Assessment (LCA)* ini disebut juga sebagai konsep “*craddle to grave*”. Dalam proses *Life cycle Assessment (LCA)* dilakukan

suatu prosedur objektif dalam mengevaluasi dampak lingkungan dengan melakukan determinasi kuantitatif dari semua aliran masuk/keluar (*exchange flow*) dari sistem terhadap lingkungan dalam tiap tahap kehidupan sistem (Nirwanto, 2012).



Gambar 2. 1. Pertukaran Aliran dalam LCA (www.environment.gov.au)

Life cycle Assessment (LCA) dapat digunakan untuk membantu strategi bisnis dalam pembuatan keputusan, untuk peningkatan kualitas produk dan proses, untuk menetapkan *criteria eco-labelling*, dan untuk mempelajari aspek lingkungan dari suatu produk. Elemen utama dari *Life cycle Assessment* (LCA) antara lain :

1. Mengidentifikasi dan mengkuantifikasikan semua bahan yang terlibat, misalnya energi dan bahan baku yang dikonsumsi, emisi dan limbah yang dihasilkan.
2. Mengevaluasi dampak yang potensial dari bahan-bahan tersebut terhadap lingkungan.

3. Mengkaji beberapa pilihan yang ada untuk menurunkan dampak tersebut.

Berdasarkan hasil survey dari organisasi yang terlibat secara aktif dalam *life-cycle studies*, tujuan paling penting dari *life-cycle studies* adalah untuk meminimalkan besarnya polusi. Tujuan lainnya yaitu untuk melestarikan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, termasuk energi; melestarikan sistem ekologi, terutama di area yang terganggu keseimbangannya; mengembangkan cara-cara alternatif untuk memaksimalkan daur ulang bahan dan limbah; dan mengaplikasikan teknik paling tepat untuk pencegahan atau pengurangan polusi. *Life-cycle studies* sudah diterapkan dengan banyak cara di sektor-sektor pemerintah atau swasta untuk beberapa manfaat seperti pengembangan, peningkatan, dan perbandingan produk. Beberapa manfaat atau nilai penting dari *Life Cycle Assessment* (LCA) antara lain :

1. Pengambilan keputusan yang lebih baik tentang pemilihan produk dan sistem produksi.
2. Untuk mengidentifikasi dampak utama terhadap lingkungan dan tahap-tahap daur hidup produk.
3. Menyediakan langkah-langkah perbaikan yang berbasis lingkungan.

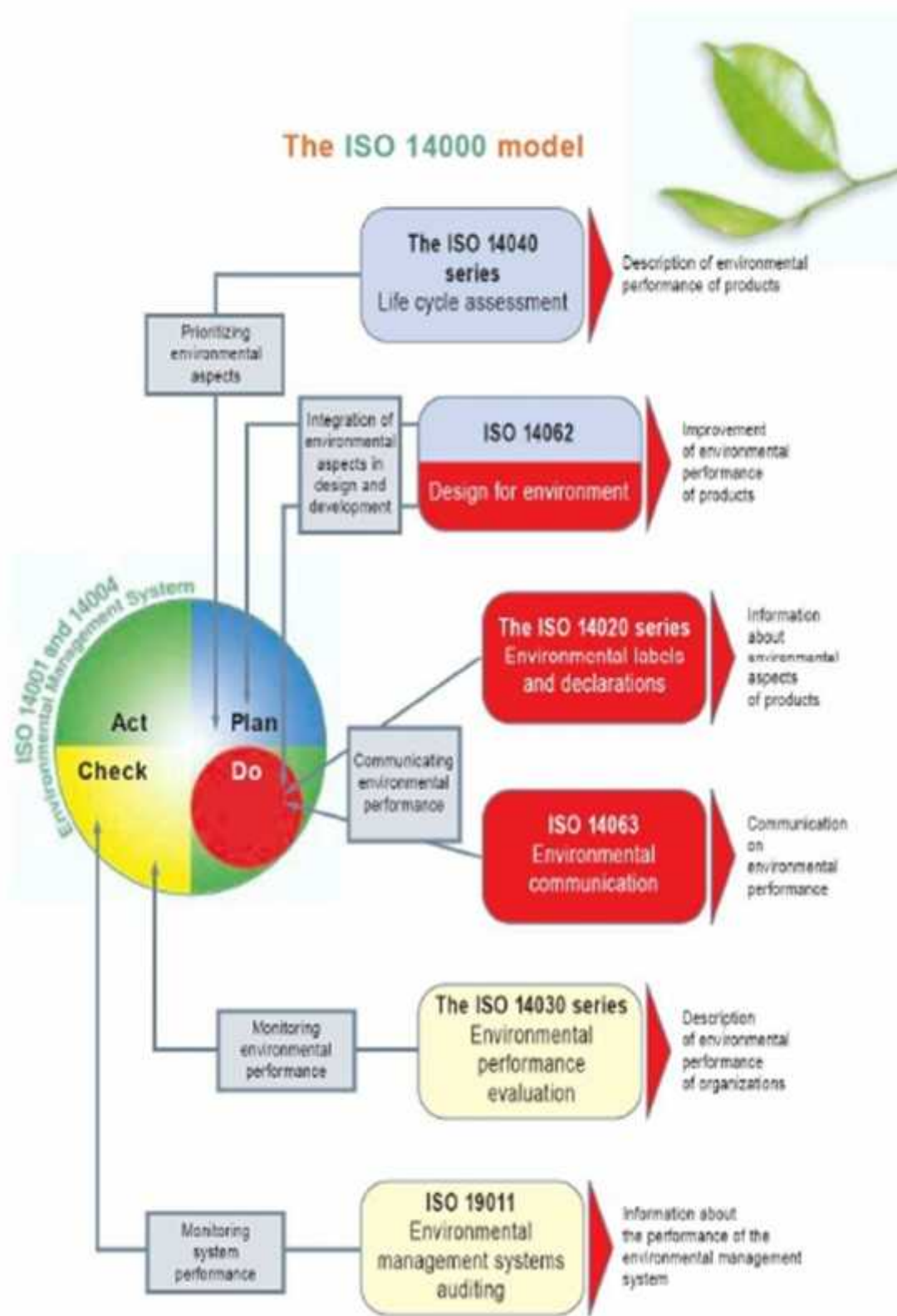
Beberapa pihak yang dapat menerapkan *Life Cycle Assessment* (LCA) antara lain :

1. Perancang produk dan produsen barang (pabrik)
2. Pemegang saham, ahli keuangan (akuntan), dan pihak asuransi
3. Pelanggan
4. LSM lingkungan dan lembaga pelindung konsumen
5. Pembuat kebijakan atau pemerintah

2.2.2. Standar Dan Kebijakan Lingkungan

2.2.2.1. International Standard Organisation (ISO)

Prosedur dari *Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan bagian dari ISO 14000 *environmental management standards* : dalam ISO 14040:2006 dan 14044:2006. (ISO 14044 menggantikan versi yang sebelumnya yaitu ISO 14041 sampai ISO 14043).



Gambar 2. 2. Skema ISO 14000 Series

Salah satu standar umum digunakan adalah ISO 14044 (yang menggantikan versi sebelumnya dari ISO 14041 dengan ISO 14043). ISO 14044 adalah prinsip dan kerangka kerja untuk *Life Cycle Assessment* (LCA). Standar pada LCA adalah bagian dari seri ISO 14000, yang merupakan rangkaian, standar lingkungan sukarela internasional yang dikembangkan di bawah Komite Teknis ISO 2007.

Seri ISO 14040 tentang *Life Cycle Assessment* tercantum sebagai berikut:

1. ISO 14040 manajemen lingkungan - *Life Cycle Assessment* - Prinsip dan Framework (ISO 14040, 1997)
2. ISO 14041 manajemen lingkungan - *Life Cycle Assessment* - Tujuan dan Ruang Lingkup Definisi dan Analisis Inventarisasi (ISO 14041, 1998)
3. ISO 14042 manajemen lingkungan - *Life Cycle Assessment* - Hidup Pengkajian Dampak Siklus (ISO 14042, 2000a)
4. ISO 14043 manajemen lingkungan - *Life Cycle Assessment* - Life Cycle Interpretasi (ISO 14043, 2000b)

2.2.2.2. Standar Nasional Indonesia (SNI)

Standar manajemen lingkungan disusun dengan menerjemahkan seluruh isi standar ISO 14001 : 2004, *environmental management system* menjadi SNI 19-14001-2005 yang telah disepakati dalam rapat *consensus* pada tanggal 16 Maret 2005 di Jakarta.

Standar Nasional ini menetapkan persyaratan suatu sistem manajemen lingkungan yang memungkinkan suatu organisasi untuk mengembangkan dan melaksanakan kebijakan dan tujuan yang memperhatikan persyaratan hukum dan informasi tentang aspek lingkungan yang penting. Standar ini telah disusun agar dapat diterapkan pada semua jenis dan ukuran organisasi dan juga dengan kondisi geografis, budaya dan sosial yang beragam (SNI, 2012).

2.2.2.3. Kebijakan Pemerintah

1. Undang-Undang Republik Indonesia

Berbagai ketentuan tentang penegakan hukum sebagaimana tercantum dalam Undang-undang Lingkungan Hidup, maka dalam Undang-Undang Pengelolaan Lingkungan Hidup diadakan berbagai perubahan untuk memudahkan penerapan ketentuan yang berkaitan dengan penegakan hukum lingkungan yaitu Undang-undang No 4 Tahun 1982 diganti dengan Undang-undang No.23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup dan kemudian diatur lebih lanjut dalam peraturan pelaksanaanya.

Undang-undang No.23 Tahun 1997 ini merupakan salah satu alat yang kuat dalam melindungi lingkungan hidup dan ditunjang dengan peraturan perundang-undangan sektoral. Hal ini mengingat Pengelolaan Lingkungan hidup memerlukan koordinasi secara sektoral dilakukan oleh departemen dan lembaga pemerintah non-departemen sesuai dengan bidang tugas dan tanggungjawab masing-masing, seperti Undang-undang No. 22 Th 2001 tentang Gas dan Bumi, UU No. 41 Th 1999 tentang kehutanan, UU No. 24 Th 1992 tentang Penataan Ruang dan diikuti pengaturan lebih lanjut dengan Peraturan Pemerintah, Keputusan Presiden, Keputusan Menteri, Peraturan Daerah maupun Keputusan Gubernur (UURI, 1997).

2. Analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL)

AMDAL diperkenalkan pertama kali th 1969 oleh *National Environmental Policy Act* di Amerika Serikat. Menurut UU No. 23/1997 tentang pengelolaan Lingkungan Hidup dan PP No. 27/1999 tentang Analisis mengenai dampak lingkungan hidup (AMDAL) adalah kajian mengenai dampak besar dan penting suatu usaha dan/atau kegiatan yang direncanakan pada lingkungan hidup yang diperlukan bagi proses pengambilan keputusan tentang penyelenggaraan usaha dan/atau kegiatan. AMDAL merupakan kajian dampak besar dan penting terhadap lingkungan hidup, dibuat pada tahap perencanaan, dan digunakan untuk pengambilan keputusan. Hal –hal yang dikaji dalam proses AMDAL: aspek fisik-kimia, ekologi, sosial-ekonomi, sosialbudaya, dan kesehatan masyarakat sebagai pelengkap studi

kelayakan suatu rencana usaha dan/atau kegiatan. Analisis mengenai dampak lingkungan hidup di satu sisi merupakan bagian studi kelayakan untuk melaksanakan suatu rencana usaha dan/atau kegiatan, di sisi lain merupakan syarat yang harus dipenuhi untuk mendapatkan izin melakukan usaha dan/atau kegiatan. Berdasarkan analisis ini dapat diketahui secara lebih jelas dampak besar dan penting terhadap lingkungan hidup, baik dampak negatif maupun dampak positif yang akan timbul dari usaha dan/atau kegiatan sehingga dapat dipersiapkan langkah untuk menanggulangi dampak negatif dan mengembangkan dampak positif. Untuk mengukur atau menentukan dampak besar dan penting tersebut di antaranya digunakan kriteria:

- a. Besarnya jumlah manusia yang akan terkena dampak rencana usaha dan/atau kegiatan;
- b. Luas wilayah penyebaran dampak;
- c. Intensitas dan lamanya dampak berlangsung;
- d. Banyaknya komponen lingkungan hidup lain yang akan terkena dampak;
- e. Sifat kumulatif dampak;
- f. Berbalik (*reversible*) atau tidak berbaliknya (*irreversible*) dampak.

2.2.3. Karakteristik dan Batasan dari *Life Cycle Assessment* (LCA)

Life Cycle Assessment (LCA) memiliki karakteristik dan batasan untuk menilai siklus hidup, adapun batasan tersebut yaitu :

1. Karakteristik utama dari *Life Cycle Assessment* (LCA) adalah sifat Analisis secara keseluruhannya, yang menjadi kekuatan utama dan juga pada waktu yang bersamaan, merupakan keterbatasannya. Jangkauan yang luas dalam melaksanakan *Life Cycle Assessment* (LCA) yang lengkap dari sebuah produk hanya dapat dicapai dengan menyederhanakan aspek lainnya.
2. *Life Cycle Assessment* (LCA) tidak dapat mengukur suatu dampak lokal. *Life Cycle Assessment* (LCA) tidak menyediakan kerangka untuk sebuah studi penilaian resiko lokal yang mengidentifikasi dampak mana yang dihasilkan oleh fungsi dari sebuah fasilitas di tempat yang spesifik. Begitu pula dengan aspek waktu, *Life Cycle Assessment* (LCA) secara khas merupakan keadaan

yang tetap, dan bukan sebuah pendekatan dinamis, maksudnya adalah untuk studi selama batasan waktu, semua kondisi termasuk teknologi dianggap tetap dan tidak berkembang.

3. Model *Life Cycle Assessment* (LCA) berfokus pada karakteristik fisik dari aktivitas industri dan proses ekonomi lainnya, dan tidak termasuk mekanisme pasar, atau efek lain dalam pengembangan teknologi. Secara umum, *Life Cycle Assessment* (LCA) menganggap semua proses bersifat linear, baik dalam ekonomi dan dalam lingkungan. *Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan sebuah alat bantu berdasarkan pemodelan linear.
4. *Life Cycle Assessment* (LCA) berfokus pada aspek lingkungan dari produk dan tidak berkaitan dengan karakteristik ekonomi, sosial dan lainnya. Dampak lingkungan sering didefinisikan sebagai dampak yang potensial, karena dampak lingkungan tidak ditetapkan dalam waktu dan tempat dan berkaitan dengan satuan fungsional yang telah didefinisikan.
5. Meskipun *Life Cycle Assessment* (LCA) bertujuan untuk menjadi dasar yang bersifat ilmu pengetahuan, *Life Cycle Assessment* (LCA) tetap menggunakan beberapa asumsi yang bersifat teknis dan terpilih. Proses standarisasi ISO dalam melaksanakan *Life Cycle Assessment* (LCA) ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kesewenangan. Tujuan penting adalah untuk menggunakan asumsi dan pilihan ini setransparan mungkin.
6. Yang terakhir, sebuah karakteristik yang sangat penting dan berkaitan dengan sifat dasar dari *Life Cycle Assessment* (LCA) sebagai sebuah alat analitis. *Life Cycle Assessment* (LCA) membantu menyediakan informasi untuk mendukung keputusan namun *Life Cycle Assessment* (LCA) tidak dapat menggantikan proses pengambilan keputusan itu sendiri (Wenty, 2012).

2.2.4. Prinsip *Life Cycle Assessment* (LCA)

Life Cycle Assessment (LCA) dapat dicirikan oleh prinsip berikut:

1. Siklus Hidup Perspektif: *Life Cycle Assessment* (LCA) mempertimbangkan seluruh siklus hidup fisik dari suatu produk (atau jasa) sistem, dari ekstraksi bahan baku, lebih dari energi dan material produksi, manufaktur, penggunaan

dan akhir operasi kehidupan. Melalui pergeseran antara tahapan siklus hidup atau proses individu seperti beban perspektif dapat diidentifikasi dan dihindari.

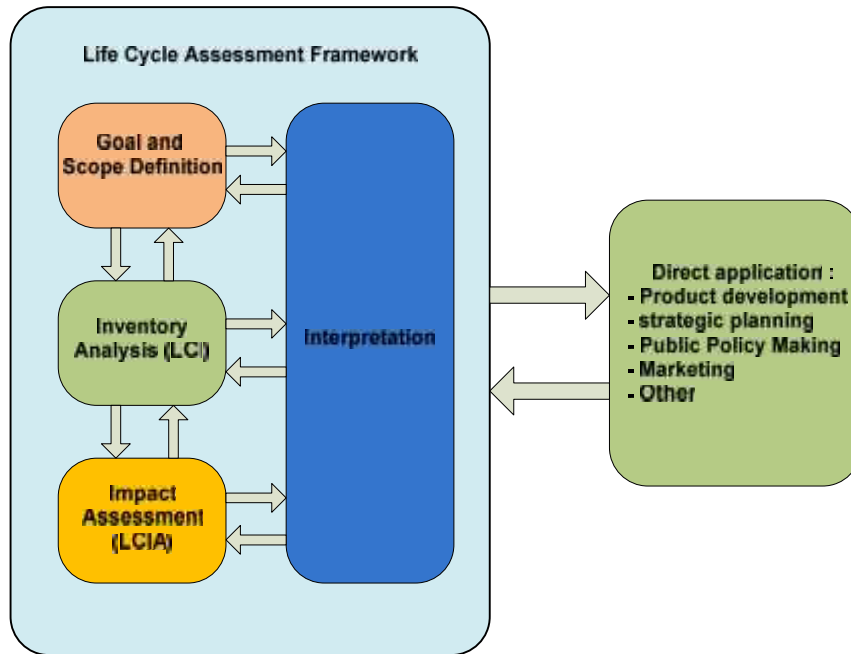
2. Kelengkapan: *Life Cycle Assessment* (LCA) idealnya mencakup semua aspek lingkungan, seperti ekstraksi bahan baku, ekologis integritas sistem, dan pertimbangan kesehatan manusia. Dengan memasukkan semua aspek menjadi satu penilaian umum, *trade-off* dapat diidentifikasi.
3. Transparansi: Karena kompleksitas yang melekat dalam penilaian sistem *Life Cycle Assessment* (LCA), transparansi merupakan prinsip penting dalam melaksanakan studi *Life Cycle Assessment* (LCA), dalam rangka untuk memastikan interpretasi yang tepat atas hasil.
4. Fleksibilitas: Standar ini memberikan prinsip-prinsip dan pedoman untuk keseluruhan *Life Cycle Assessment* (LCA). Metodologi ini memungkinkan spesifik studi fleksibilitas *Life Cycle Assessment* (LCA) yang cukup dalam menerapkan standar ini tetap menjaga kerangka metodologis umum.
5. Sifat iteratif: *Life Cycle Assessment* (LCA) terdiri dari empat tahap yaitu tujuan dan ruang lingkup, *Life Cycle Inventory* (LCI), *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA), dan Interpretasi. Standar ini mendefinisikan *Life Cycle Assessment* (LCA) sebagai siklus di alam, di mana fase individu dari *Life Cycle Assessment* (LCA) hasil penggunaan fase yang sebelumnya dan mengharuskan pengguna standar untuk terus mengamati tujuan tertentu dan ruang lingkup penelitian. Pendekatan berulang di antara fase dalam *Life Cycle Assessment* (LCA) adalah penting, karena memberikan kontribusi terhadap kelengkapan dan konsistensi penelitian dan hasil yang dilaporkan.
6. Fokus Lingkungan: *Life Cycle Assessment* (LCA) mempelajari aspek lingkungan dari sistem produk. Biasanya aspek ekonomi dan sosial berada di luar penelitian. Pada saat yang sama *Life Cycle Assessment* (LCA) memberikan perspektif sistem, sehingga alat-alat analisis lain mungkin merujuk pada studi *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk penilaian lingkungan yang lebih lengkap daripada yang disediakan oleh situs atau perspektif emisi individu.

7. Berbasis Sains: metodologi *Life Cycle Assessment* (LCA) dan studi *Life Cycle Assessment* (LCA) harus berdasarkan ilmu. Sementara keadaan pengetahuan ilmiah selalu berubah, studi *Life Cycle Assessment* (LCA) adalah snapshot dari keadaan tertentu pengetahuan pada waktu tertentu.
8. Relatif Alam: *Life Cycle Assessment* (LCA) berhubungan aspek lingkungan ke sistem produk. Semua temuan diukur dan dinyatakan dalam aspek lingkungan per unit referensi. Selain itu, *Life Cycle Assessment* (LCA) berkaitan dengan suatu aspek penilaian siklus hidup produk terhadap dampak zat, seperti setara GRK, yang dinyatakan dalam satuan setara karbon dioksida (CO₂).
9. Potensi Dampak Lingkungan: *Life Cycle Assessment* (LCA) hanya mempelajari dampak lingkungan yang potensial. Karena dampak relatif ke unit referensi, integrasi rilis lingkungan atas ruang dan waktu, ketidakpastian yang melekat dalam pemodelan dampak lingkungan, dan fakta bahwa beberapa dampak yang cukup jelas terhadap dampak masa depan, semua dampak yang bersifat potensial.

2.3. Metodologi *Life Cycle Assessment* (LCA)

Standar sebuah *Life Cycle Assessment* dilakukan dalam empat fase yang berbeda seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.2. Tahapannya adalah saling bergantung dalam hasil dari satu fase akan menginformasikan bagaimana tahapan lain selesai Metodologi dalam *Life Cycle Assessment* (LCA) tersiri atas empat fase, yaitu :

1. *Goal and Scope Defenition*
2. *Life Cycle Inventory* (LCI)
3. *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA)
4. *Intrepretation*



Gambar 2.3. *Framework* LCA menurut ISO 14040 (ISO 14040:1997)

2.3.1. *Goal and Scope Defenition*

Sebelum dilakukan *Life Cycle Assessment* (LCA), maka yang pertama kali harus dilakukan adalah pendefinisian dari tujuan *Life Cycle Assessment* (LCA) ini. Menurut Curran, tujuan dari analisis *Life Cycle Assessment* (LCA) antara lain, adalah membandingkan suatu produk atau proses baru dengan kompetitifnya, memilih alternatif produk atau proses yang lebih ramah lingkungan, dan menganalisis dampak lingkungan dan ekonomi dari suatu proses kerja (Curran, M.A., 1996) dalam (Nirwanto, 2012).

Pendefinisian Tujuan dan Ruang Lingkup Pendefinisian tujuan dan ruang lingkup merupakan suatu fase untuk menentukan sebuah rencana kerja dari sebuah keseluruhan *Life Cycle Assessment* (LCA). Fase ini terdiri atas tiga tahap :

1. Tahap pendefinisian tujuan
2. Tahap pendefinisian lingkup, pendefinisian fungsi
3. Tahap pendefinisian fungsi, unit fungsional, alternatif, aliran referensi

Tahap pendefinisian tujuan terdiri atas penancangan dan penyesuaian tujuan dari studi *Life Cycle Assessment* (LCA), penjelasan tujuan dari studi dan penentuan penggunaan hasil oleh inisiator, paktisi, pemegang saham seta

penentuan target dari hasil studi. Pada tahap pendefinisian lingkup, ditetapkan karakteristik utama dari studi *Life Cycle Assessment* (LCA) yang mencakup masalah seperti batasan temporal, geografis, dan teknologi, jenis dari analisis dan level keseluruhan dari kecanggihan dari studi ini. Tahap terakhir dalam fase ini adalah pendefinisian fungsi, unit fungsional, alternatif dan aliran referensi.

Unit fungsional mendeskripsikan fungsi utama dari sebuah sistem produk. Contoh sebuah fungsi adalah pengecatan dinding. Contoh dari unit fungsional untuk sebuah pengecatan dinding dapat didefinisikan dalam bentuk :

1. Luas area yang akan dicat
2. Tipe dari dinding
3. Kualitas hasil cat

Dalam dunia nyata, unit fungsional dari sebuah pengecatan dinding dapat berupa “pengecatan dinding seluas 20m² K/W, dengan kualitas warna permukaan 98% dan tidak membutuhkan pengecatan untuk lima tahun ke depan. Dengan mendasar dari unit fungsional tersebut, dapat disusun beberapa alternatif dari sistem produk yang ekuivalen. Alternatif ini dapat berupa berbagai pilihan cara atau bahan yang digunakan untuk dapat memenuhi fungsi dan unit fungsional yang telah ditetapkan. Setelah disusun alternatif, kemudian disusun aliran referensi untuk sistem sistem ini. Aliran referensi merupakan sebuah ukuran dari output yang dihasilkan oleh proses dalam setiap alternatif sistem produk, yang dibutuhkan untuk memenuhi fungsi yang ditunjukkan oleh unit fungsional.

2.3.2. *Life Cycle Inventory* (LCI)

Analisis persediaan adalah fase penilaian siklus hidup yang melibatkan kompilasi dan kuantifikasi input dan output untuk produk sepanjang siklus hidupnya didalam batasan (sistem produk) yang ditentukan dari tujuan penelitian. Pertama, praktisi analisis persediaan butuh untuk mengumpulkan data yang terkait dengan manufaktur, penggunaan, dan pembuangan akhir dari produk yang ditargetkan. Data ini umumnya disebut "*data foreground*" dan data tersebut harus dikumpulkan oleh praktisi *Life Cycle Assessment* (LCA).

Data berikutnya yang harus dikumpulkan adalah data input-output untuk produksi bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan produk (termasuk bahan primer atau sekunder). Data ini umumnya disebut "Data Latar Belakang". Sulit bagi praktisi *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk mengumpulkan data latar belakang, dan biasanya data latar belakang dikutip dari makalah penelitian atau studi kasus *Life Cycle Assessment* (LCA) masa lalu. Ketika praktisi *Life Cycle Assessment* (LCA) mengacu pada beberapa data, perlu untuk memeriksa konsistensi karena emisi untuk pembakaran minyak berat atau pembangkit listrik mungkin berbeda dari literatur satu dengan literature lainnya.

Dalam sebuah analisis persediaan, dua item berikut mungkin kontroversial: "Batasan Sistem" dan "Alokasi". Batasan sistem menentukan unit proses mana yang akan dimasukkan dalam *Life Cycle Assessment* (LCA). Pemilihan batas sistem harus konsisten dengan tujuan dari studi dan proses yang penting tidak boleh dikecualikan dalam batasan sistem. Ketika salah satu dari dua atau lebih produk berasal dari unit proses yang sama, "alokasi" diperlukan. Alokasi berarti membagi arus input atau output dari suatu proses atau sistem produk antara produk studi dan produk sampingan lainnya. Secara umum, input dan output dialokasikan berdasarkan rasio berat produk. Namun, ketika nilai pasar dari suatu produk cukup berbeda, *input* dan *output* mungkin dialokasikan dalam proporsi yang mencerminkan nilai ekonominya (Nirwanto, 2012).

2.3.3. *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA)

Pada tahapan ini akan dilakukan pengelompokkan dan penilaian mengenai efek yang ditimbulkan terhadap lingkungan berdasarkan data-data yang diperoleh pada tahapan *life cycle inventory* (LCI). ISO mengembangkan standar untuk melakukan penilaian dampak berjudul ISO 14042, *Life Cycle Assessment* (LCA) ISO 1998, yang menyatakan bahwa ada tiga langkah yaitu pertama - kategorikan dampak seleksi, klasifikasi, dan karakterisasi merupakan langkah-langkah wajib untuk *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA). Kecuali untuk evaluasi data, langkah-langkah lain adalah opsional tergantung pada tujuan dan ruang lingkup penelitian.

1. *Select and Define Impact Categories*

Langkah pertama dalam *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) adalah memilih kategori dampak yang akan dianggap sebagai bagian dari keseluruhan *Life Cycle Assessment* (LCA). Langkah ini harus diselesaikan sebagai bagian dari tujuan awal dan fase definisi lingkup untuk memandu proses pengumpulan data *Life Cycle Inventory* (LCI) dan membutuhkan peninjauan kembali mengikuti tahap pengumpulan data. Item yang diidentifikasi dalam *Life Cycle Inventory* (LCI) memiliki kesehatan manusia yang potensial dan dampak lingkungan. Sebagai contoh, sebuah rilis lingkungan diidentifikasi dalam *Life Cycle Inventory* (LCI) dapat membahayakan kesehatan manusia dengan menyebabkan kanker atau kemandulan, atau mempengaruhi keselamatan kerja. Demikian juga, sebuah rilis yang diidentifikasi dalam *Life Cycle Inventory* (LCI) juga bisa mempengaruhi lingkungan dengan menyebabkan hujan asam, pemanasan global, atau spesies yang membahayakan hewan. Untuk *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA), dampak didefinisikan sebagai konsekuensi yang dapat disebabkan oleh input dan output aliran sistem pada kesehatan manusia, tanaman, dan hewan, atau masa depan ketersediaan sumber daya alam.

2. *Classification*

Tujuan klasifikasi adalah untuk mengatur dan mungkin menggabungkan hasil *Life Cycle Inventory* (LCI) ke dalam kategori dampak. Untuk *Life Cycle Inventory* (LCI) item yang berkontribusi terhadap hanya satu kategori dampak, prosedur ini merupakan tugas yang sederhana. Sebagai contoh, emisi karbon dioksida dapat diklasifikasikan ke dalam kategori pemanasan global. Untuk *Life Cycle Inventory* (LCI) produk yang berkontribusi terhadap dua atau lebih kategori dampak yang berbeda, aturan harus ditetapkan untuk klasifikasi. Ada dua cara untuk menetapkan *Life Cycle Inventory* (LCI) hasil ke beberapa kategori dampak (ISO 1998):

- a. Partisi sebagian wakil dari hasil *Life Cycle Inventory* (LCI) ke kategori dampak dimana mereka berkontribusi. Hal ini biasanya diperbolehkan dalam kasus-kasus ketika efek tergantung pada satu sama lain.

- b. Tugaskan semua hasil *Life Cycle Inventory* (LCI) semua kategori dampak yang mereka berkontribusi. Hal ini biasanya diperbolehkan ketika efek yang terpisah satu sama lain.

Sebagai contoh, karena *nitrogen dioxide* berpotensi mempengaruhi tingkat dasar pembentukan ozon dan pengasaman (pada saat yang sama), jumlah seluruh nitrogen dioksida akan ditugaskan untuk kedua kategori dampak (misalnya, 100 persen ke tanah tingkat ozon dan 100 persen menjadi pengasaman).

Tabel 2.1. Katagori *Life Cycle Impact Assesment* (LCIA)

Impact Category	Scale	Examples of LCI Data (i.e. classification)	Common Possible Characterization Factor	Description of Characterization Factor
Global Warming	Global	Carbon Dioxide (CO ₂) Nitrogen Dioxide (NO ₂) Methane (CH ₄) Chlorofluorocarbons (CFCs) Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) Methyl Bromide (CH ₃ Br)	Global Warming Potential	Converts LCI data to carbon dioxide (CO ₂) equivalents Note: global warming potentials can be 50, 100, or 500 year potentials.
Stratospheric Ozone Depletion	Global	Chlorofluorocarbons (CFCs) Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) Halons Methyl Bromide (CH ₃ Br)	Ozone Depleting Potential	Converts LCI data to trichlorofluoromethane (CFC-11) equivalents.
Acidification	Regional Local	Sulfur Oxides (SO _x) Nitrogen Oxides (NO _x) Hydrochloric Acid (HCL) Hydroflouric Acid (HF) Ammonia (NH ₄)	Acidification Potential	Converts LCI data to hydrogen (H ⁺) ion equivalents.
Eutrophication	Local	Phosphate (PO ₄) Nitrogen Oxide (NO) Nitrogen Dioxide (NO ₂) Nitrates Ammonia (NH ₄)	Eutrophication Potential	Converts LCI data to phosphate (PO ₄) equivalents.
Photochemical Smog	Local	Non-methane hydrocarbon (NMHC)	Photochemical Oxident Creation Potential	Converts LCI data to ethane (C ₂ H ₆) equivalents.

Tabel 2.1. Katagori *Life Cycle Impact Assesment* (LCIA) lanjutan

Impact Category	Scale	Examples of LCI Data (i.e. classification)	Common Possible Characterization Factor	Description of Characterization Factor
Terrestrial Toxicity	Local	Toxic chemicals with a reported lethal concentration to rodents	LC50	Converts LC50 data to equivalents; uses multi-media modeling, exposure pathways.
Aquatic Toxicity	Local	Toxic chemicals with a reported lethal concentration to fish	LC50	Converts LC50 data to equivalents; uses multi-media modeling, exposure pathways.
Human Health	Global Regional Local	Total releases to air, water, and soil.	LC50	Converts LC50 data to equivalents; uses multi-media modeling, exposure pathways.
Resource Depletion	Global Regional Local	Quantity of minerals used Quantity of fossil fuels used	Resource Depletion Potential	Converts LCI data to a ratio of quantity of resource used versus quantity of resource left in reserve.
Land Use	Global Regional Local	Quantity disposed of in a landfill or other land modifications	Land Availability	Converts mass of solid waste into volume using an estimated density.
Water Use	Regional Local	Water used or consumed	Water Shortage Potential	Converts LCI data to a ratio of quantity of water used versus quantity of resource left in reserve.

Sumber: *Society for Environmental Toxicologi and Chemistry* (SETAC)

3. *Characterization*

Karakterisasi Dampak menggunakan faktor konversi berbasis ilmu pengetahuan, yang disebut faktor karakterisasi, mengkonversi dan menggabungkan hasil *Life Cycle Inventory* (LCI) menjadi indikator perwakilan dampak terhadap kesehatan manusia dan ekologi. Faktor Karakterisasi juga sering disebut sebagai faktor kesetaraan. Karakterisasi menyediakan cara untuk langsung membandingkan hasil *Life Cycle Inventory* (LCI) dalam setiap kategori dampak. Dengan kata lain, faktor-faktor karakterisasi menerjemahkan input persediaan yang berbeda ke dalam indikator dampak langsung dibandingkan. Misalnya, karakterisasi akan memberikan perkiraan toksisitas terestrial relatif antara timbal, kromium, dan seng.

4. *Normalization*

Normalisasi adalah alat *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) digunakan untuk menyatakan data indikator dampak dengan cara yang dapat dibandingkan antara kategori dampak. Prosedur ini menormalkan hasil indikator dengan membagi dengan nilai referensi yang dipilih. Tujuan dan lingkup *Life Cycle Assessment* (LCA) dapat mempengaruhi pilihan dari nilai referensi yang sesuai. Perhatikan bahwa data dinormalisasi hanya dapat dibandingkan dalam kategori dampak. Misalnya, efek dari pengasaman tidak bisa langsung dibandingkan dengan toksisitas air karena faktor karakterisasi dihitung dengan menggunakan metode ilmiah yang berbeda.

5. *Grouping*

Pengelompokan memberikan kategori dampak ke dalam satu atau lebih set untuk lebih memudahkan interpretasi hasil ke wilayah tertentu yang menjadi perhatian. Biasanya, pengelompokan melibatkan menyortir atau peringkat di indikator. Berikut adalah dua cara yang mungkin untuk kelompok *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) data (ISO 1998):

- a. Urutkan berdasarkan indikator karakteristik seperti emisi (emisi misalnya, udara dan air) atau lokasi (misalnya, lokal, regional, atau global).

- b. Urutkan indikator berdasarkan sistem peringkat, seperti prioritas tinggi, rendah, atau menengah. Peringkat didasarkan pada pilihan nilai.

6. *Weighting*

Bobot langkah (juga disebut sebagai penilaian) dari *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) memberikan bobot atau nilai relatif terhadap kategori dampak yang berbeda berdasarkan kepentingan yang mereka pahami atau relevansi. Pembobotan ini penting karena kategori dampak juga harus mencerminkan tujuan belajar dan nilai-nilai stakeholder. Sebelumnya, emisi udara berbahaya seperti yang dinyatakan bisa menjadi perhatian relatif lebih tinggi di zona non-pencapaian udara dari tingkat emisi yang sama di daerah dengan kualitas udara yang lebih baik. Karena bobot bukanlah proses ilmiah, sangat penting bahwa metodologi pembobotan jelas. Meskipun pembobotan secara luas digunakan dalam *Life Cycle Assessment* (LCA), tahap pembobotan sedikit berkembang dari langkah-langkah penilaian dampak dan juga yang paling mungkin untuk ditantang dalam hal integritas. Selain itu, pertimbangan nilai dapat berubah dengan lokasi atau waktu dalam tahun. Isu kedua berasal dari yang pertama: bagaimana seharusnya pengguna adil dan konsisten membuat keputusan berdasarkan preferability lingkungan, mengingat sifat subjektif dari pembobotan benar-benar obyektif ditetapkan bobot atau metode pembobotan layak.

7. *Evaluate and Document the Life Cycle Impact Assessment (LCIA) Results*

potensi dampak untuk setiap kategori dipilih telah dihitung, keakuratan hasilnya harus diverifikasi. Akurasi harus cukup untuk mendukung tujuan untuk melakukan *Life Cycle Assessment* (LCA) sebagaimana didefinisikan dalam tujuan dan ruang lingkup. Seperti semua alat penilaian lainnya, *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) memiliki keterbatasan. Meskipun proses *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) mengikuti prosedur yang sistematis, ada banyak asumsi dan penyederhanaan, serta pilihan nilai subjektif tergantung pada metodologi *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) dipilih (SETAC, 2001).

2.3.4. *Intrepretation*

Di *Life Cycle Assessment* (LCA), praktisi dapat mencapai hasil yang berbeda tergantung pada ruang lingkup studi, batasan sistem dan prosedur alokasi yang diambil dalam *Life Cycle Inventory* (LCI) serta pilihan faktor-faktor karakterisasi di *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) . Pengaruh prosedur ini pada hasil harus dibahas dalam fase "interpretasi". Dalam banyak kasus *Life Cycle Inventory* (LCI) saat ini, hasil emisi dan konsumsi sumber daya dinyatakan oleh nilai numerik tunggal.

Elemen utama dari fase ini adalah evaluasi hasil dan formulasi dari kesimpulan dan rekomendasi dari studi ini. Fase ini terdiri dari beberapa tahap:

1. Pengecekan mengenai konsistensi dengan tujuan untuk menentukan apakah asumsi, metode, model dan data konsisten terhadap tujuan dan lingkup studi mengenai siklus hidup produk dan opsi lainnya.
2. Pengecekan mengenai kelengkapan dengsan tujuan untuk memastikan semua informasi yang relevan dan data yang dibutuhkan untuk fase interpretasi sudah tersedia lengkap.
3. Analisis kontribusi dimana terjadi perhitungan kontribusi keseluruhan pada hasil dari berbagai faktor. Analisis ini menjawab pertanyaan tentang kontribusi dari aliran lingkungan, proses, dan dampak yang spesifik terhadap nilai akhir.
4. Analisis gangguan yang mempelajari efek dari perubahan kecil di dalam sistem dari hasil *Life Cycle Assessment* (LCA).
5. Analisis sensitivitas dan ketidakpastian

Elemen ini menilai pengaruh dari hasil variasi dalam data proses, pemilihan model, dan variabel lainnya. Penarikan kesimpulan dan rekomendasi dilakukan berdasarkan hasil

2.4. *Software SimaPro 7.3.3*

Software SimaPro 7.3.3 ini merupakan salah satu *software* generasi terbaru dan biasanya digunakan dalam membantu analisa *Life Cycle Assessment* (LCA). Dimana *software* ini membantu menganalisis aspek-aspek lingkungan dari produk maupun jasa secara sistematis dan konsisten.

SimaPro ini dikembangkan dan dipasarkan oleh Pre Konsultan, didirikan pada tahun 1990, di Belanda. *PRé Consultants* spesialisasi dalam solusi lingkungan *Life Cycle Assessment*. *PRé Consultants* menawarkan konsultasi global dan membantu dalam menilai, memperbaiki dan mengelola lingkungan kinerja produk dan jasa dengan bantuan alat profesional seperti SimaPro 7.3.3 menyusul rekomendasi ISO 14040 series, perangkat lunak memungkinkan pengguna untuk memodelkan dan menganalisa siklus kehidupan yang kompleks secara sistematis dan transparan. Adapun beberapa cakupan fitur sebagai berikut:

1. Pemodelan siklus hidup yang kompleks dan produk yang kompleks.
2. Fitur analisis lanjutan.
3. Termasuk metode penilaian persediaan (LCI) *database* dan dampaknya.
4. *Ecoinvent database* yang disertakan, opsional untuk versi pendidikan.
5. Tersedia dalam berbagai versi (*single / multi user*) dan dalam berbagai bahasa seperti Perancis, Jerman, Italia, Spanyol, Jepang, Swedia, Korea, Belanda dan Inggris.

Adapun metode yang digunakan dalam penilaian dampak yang terdapat pada *software SimaPro 7.3.3* seperti ReCiPe, Eco-indicator 99, USEtox, IPCC 2007, EPD, Impact 2002+, CML-IA, Traci 2, BEES, Ecological Footprint EDIP 2003, Ecological scarcity 2006, EPS 2000, Greenhouse Gas Protocol dan lainnya (Broca, 2008).

Sima Pro menggunakan berbagai metode evaluasi yang akan mengklasifikasikan zat menurut efeknya terhadap dampak lingkungan seperti hujan asam dan ozon deplesi. Sima Pro menggunakan Eco Indicator 99 menunjukkan kontribusi relatif dari setiap proses dihitung dengan lingkungan. Tabel 2.2 menunjukkan siklus dampak kategori penilaian kehidupan dan unsur terkait Sima Pro.

Tabel 2.2. *Life Cycle Impact Assessment Categories* dan unsur-unsur terkait Sima Pro.

Impact Category	Indicator	Description	Unit	Reference
Energy Use	Primary Energy Demand (PED)	Sebuah ukuran dari total jumlah energi primer diekstrak dari bumi, termasuk minyak bumi, tenaga air dan lainnya sumber, dengan memperhitungkan efisiensi listrik dan proses pemanasan	MJ	An operational guide to the ISO-standards (Guinée <i>et al.</i>) Centre for Milieukunde (CML), Leiden 2001
Climate change	Global Warming Potential (GWP)	Sebuah ukuran dari rumah kaca emisi gas, seperti CO ₂ dan metana. emisi ini menyebabkan peningkatan penyerapan radiasi yang dipancarkan oleh bumi, pembesar efek rumah kaca alami	Kg CO ₂ equivalent	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <i>Climate Change 2001: The Scientific Basis</i> . Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001.
Abiotic depletion	Abiotic Depletion Potential (ADP)	Sebuah ukuran penipisan sumber daya abiotik direferensikan antimony	kg antimony equivalent	An operational guide to the ISO-standards (Guinée <i>et al.</i>) Centre for Milieukunde (CML), Leiden 2001
Smog	Photo chemical Oxidant Potential	Sebuah ukuran emisi prekursor yang berkontribusi untuk rendahnya tingkat asap dihasilkan oleh reaksi nitrogen oksida dan VOC di bawah pengaruh sinar UV.	Ethylene equivalent	An operational guide to the ISO-standards (Guinée <i>et al.</i>) Centre for Milieukunde (CML), Leiden 2001
Acidification	Acidification Potential	Sebuah ukuran emisi yang menyebabkan pengasaman efek ke lingkungan. Itu Potensi pengasaman diberikan dengan mengaitkan ada S-, N-, dan atom halogen dengan berat molekul.	kg SO ₂ equivalent	An operational guide to the ISO-standards (Guinée <i>et al.</i>) Centre for Milieukunde (CML), Leiden 2001

Tabel 2.2. *Life Cycle Impact Assessment Categories* dan unsur-unsur terkait Sima Pro (lanjutan)

Impact Category	Indicator	Description	Unit	Reference
Eutrophication	Eutrophication Potential	Sebuah ukuran emisi yang menyebabkan eutrophying efek ke lingkungan. eutrophication ini mengidentifikasi potensi persamaan derajatnya antara N dan P untuk kedua darat dan air sistem	Kg PO equivalent	An operational guide to the ISO-standards (Guinée <i>et al.</i>) Centre for Milieukunde (CML), Leiden 2001.
Toxicity	Human Toxicity Potential (HTP) Eco-toxicity Potential (ETP)	Sebuah ukuran potensi racun bahan yang didasarkan pada kimia kondisi, original Tempat emisi dan takdirnya. ambang Toksikologi nilai-nilai yang digunakan, yaitu berdasarkan berkesinambungan paparan. Toksisitas dibagi menjadi berbeda jenis: toksisitas manusia kanker, non toksisitas manusia kanker, kesehatan manusia dari kriteria polusi, dan ekotoksisitas	kg1,4 DCB equivalent	An operational guide to the ISO-standards (Guinée <i>et al.</i>) Centre for Milieukunde (CML), Leiden 2001.
Solid waste	Waste	Sebuah ukuran sampah diproduksi sebagai hasil dari manufaktur dan penggunaan. Sumber termasuk sumber daya limbah ekstraksi limbah produksi dan akhir penggunaan limbah bukan-dibakar	kg waste	

Sumber : Norazanani, 2010

2.5. Kemasan (*Packaging*)

2.5.1. Defenisi kemasan (*Packaging*)

Kemasan adalah kegiatan mengemas atau bungkus pelindung barang dagangan. Jadi kemasan merupakan suatu alat didalam mengepak suatu barang dagangan agar supaya tetap utuh dan dapat member perlindungan terhadap barang agar dapat terhindar dari kerusakan, pencemaran (kotoran/bakteri) yang dapat merusak barang tersebut (Elieser, 2010).

Kemasan dapat didefinisikan sebagai seluruh kegiatan merancang dan memproduksi wadah atau bungkus atau kemasan suatu produk. Kemasan meliputi tiga hal, yaitu merek, kemasan itu sendiri dan label. Ada tiga alasan utama untuk melakukan pembungkusan, yaitu:

1. Kemasan memenuhi syarat keamanan dan kemanfaatan. Kemasan melindungi produk dalam perjalanannya dari produsen ke konsumen. Produk-produk yang dikemas biasanya lebih bersih, menarik dan tahan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh cuaca.
2. Kemasan dapat melaksanakan program pemasaran. Melalui kemasan identifikasi produk menjadi lebih efektif dan dengan sendirinya mencegah pertukaran oleh produk pesaing. Kemasan merupakan satu-satunya cara perusahaan membedakan produknya.
3. Kemasan merupakan suatu cara untuk meningkatkan laba perusahaan. Oleh karena itu perusahaan harus membuat kemasan semenarik mungkin. Dengan kemasan yang sangat menarik diharapkan dapat memikat dan menarik perhatian konsumen. Selain itu, kemasan juga dapat mengurangi kemungkinan kerusakan barang dan kemudahan dalam pengiriman. (Elieser, 2010).

2.5.2. Syarat Kemasan

Menurut Buchari Alma (2007) kemasan memiliki syarat-syarat sebagai berikut :

1. Sebagai tempat, kemasan sebagai tempat untuk menyimpan produk.
2. Menarik, setiap perusahaan hendaknya dapat membuat kemasan yang menarik. Dengan kemasan yang menarik dapat diharapkan orang akan tertarik mencobanya sehingga akhirnya dapat diharapkan menjadi langganan.
3. Dapat melindungi, kualitas suatu barang sangat besar pengaruhnya terhadap kelancaran penjualan. Oleh karena itu maka perlu kemasan yang dapat melindungi baik pada waktu masih di gudang, dalam pengangkutan maupun dalam pengedaran di pasaran.
4. Praktis, apabila perusahaan mampu membuat kemasan yang praktis maka dengan sendirinya konsumen lebih puas. Praktis disini adalah mudah dibawa, mudah dibuka dan ditutup kembali, ringan dan sebagainya.
5. Menimbulkan harga diri, biasanya kemasan yang menarik secara otomatis akan dapat menimbulkan harga diri.
6. Ketepatan ukuran, ukuran kemasan harus pula diperhatikan sebab hal ini sangat erat hubungannya dengan harga.
7. Pengangkutan, dalam membuat kemasan harus pula diperhatikan pengaruhnya terhadap ongkos pengangkutan.

2.5.3. Tujuan Kemasan

Tujuan penggunaan kemasan antara lain meliputi :

1. Sebagai pelindung isi (*protection*), misalnya dari kerusakan, kehilangan, berkurangnya kadar/isi, dan sebagainya.
2. Untuk memberikan kemudahan dalam penggunaan (*operating*), misalnya supaya tidak tumpah, sebagai alat pemegang, mudah menyempotkannya, dan lain-lain.
3. Bermanfaat dalam pemakaian ulang (*reusable*), misalnya untuk diisi kembali (*refill*) atau untuk wadah lain.
4. Memberikan daya tarik (*promotion*), yaitu aspek artistik, warna, bentuk, maupun desainnya.
5. Sebagai identitas (*image*) produk, misalnya berkesan kokoh/awet, lembut, atau mewah.

6. Distribusi (*shipping*), misalnya mudah disusun, dihitung, dan ditangani.
7. Informasi (*labeling*), yaitu menyangkut isi, pemakaian, dan kualitas.
8. Sebagai cermin inovasi produk, berkaitan dengan kemajuan teknologi

2.5.4. Manfaat Kemasan

Pemberian kemasan pada suatu produk bisa memberikan tiga manfaat utama yaitu :

1. Manfaat komunikasi Manfaat utama komunikasi adalah sebagai media pengungkapan informasi produk kepada konsumen. Informasi tersebut meliputi cara menggunakan produk, komposisi produk, dan informasi khusus (efek sampingan, frekuensi pemakaian yang optimal, dan sebagainya). Informasi lainnya berupa segel atau simbol bahwa produk tersebut halal dan telah lulus pengujian/disahkan oleh instansi pemerintah yang berwenang.
2. Manfaat fungsional Kemasan sering kali memastikan peranan fungsional yang penting, seperti memberikan kemudahan, perlindungan, dan penyimpanan.
3. Manfaat perseptual kemasan juga bermanfaat dalam menanamkan persepsi tertentu dalam benak konsumen.

2.6. Bahan Kemasan

2.6.1. Polimer

Polimer merupakan suatu molekul raksasa (makromolekul) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia. Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu unit molekul kecil disebut monomer yang saling berkaitan dengan satu rantai.

Berdasarkan sifat termalnya, polimer dibagi atas termoplastik (tidak tahan panas) dan termoset (menjadi keras bila dipanaskan). Plastik terbuat dari polimer termoplastik dapat di daur ulang dengan mudah karena setiap dipanaskan bahan-bahan tersebut dituangkan dalam cetakan yang berbeda untuk membuat produk plastik yang baru, sedangkan yang terbaru dibuat dari polimer termoset yang lebih sulit untuk dipakai ulang tetapi plastik jenis ini lebih tahan lama.

Berdasarkan monomernya, polimer dibagi atas homopolimer dan kopolimer. *Homopolimer* merupakan polimer yang terdiri dari satu macam monomer. Salah satu contoh pembentukan *polivinil klorida*. Sedangkan kopolimer merupakan polimer yang tersusun dari dua macam atau lebih monomer.

2.6.1.1. Polimerisasi

Polimerisasi adalah proses penggabungan dua jenis atau lebih monomer untuk menjadi polimer. Secara umum polimerisasi dibagi menjadi dua golongan yang terdiri dari polimerisasi koondensasi dan polimerisasi adisi. Polimerisasi adisi melibatkan rantai panjang. Polimerisasi dipandang mempunyai kesamaan dengan reaksi kondensasi yang terjadi pada zat bermassa molekul rendah. Pada polimerisasi kondensasi terjadi reaksi antar molekul yang mengandung antara dua gugus fungsi atau lebih yang dapat bereaksi dan menghasilkan satu molekul besar yang diikuti oleh penyingkiran molekul kecil misalnya air.

2.6.1.2. Klasifikasi Polimer

Polimer biasanya diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok atas dasar asal (sumber), reaksi pembentukannya, struktur, sifat termal, dan kristalinitas.

1. Klasifikasi polimer berdasarkan asal (sumber)
 - a. Polimer alam, seperti, Kapas, Karet, Wol, Sutra, Damar
 - b. Polimer sintetik, seperti, Hasil kondensasi fenol, Karet sintetik dari stirena
2. Klasifikasi polimer berdasarkan reaksi pembentukannya,
 - a. Polimer kondensasi, yaitu terjadi dari reaksi antara gugus fungsi pada monomer yang sama atau monomer berbeda.
 - b. Polimer adisi, yaitu polimer yang terbentuk dari reaksi polimerisasi yang disertai dengan reaksi pemutusan ikatan rangkap diikuti oleh adisi dari monomer-monomernya.
3. Klasifikasi polimer berdasarkan strukturnya
 - a. Polimer *linear*, Polimer *linear* terdiri dari rantai panjang atom-atom *skeletal* yang dapat mengikat gugus substituen. Polimer ini biasanya dapat

larut dalam beberapa pelarut, dan dalam keadaan padat pada temperatur normal. Polimer ini terdapat sebagai elastomer, bahan yang fleksibel (lentur) atau termoplastik seperti gelas). Contoh : *Polietilena*, poli (*vinil klorida*) atau PVC, *poli (metil metakrilat)* (juga dikenal sebagai PMMA, *Lucite*, *Plexiglas*, atau *perspex*), *poliakrilonitril* (*orlon* atau *creslan*).

- b. Polimer bercabang Polimer bercabang dapat divisualisasi sebagai polimer *linear* dengan percabangan pada struktur dasar yang sama sebagai rantai utama
- c. Polimer jaringan tiga dimensi Polimer jaringan tiga dimensi adalah polimer dengan ikatan kimianya terdapat antara rantai, seperti digambarkan pada gambar berikut. Bahan ini biasanya di”*swell*” (digembungkan) oleh pelarut tetapi tidak sampai larut. Ketaklarutan ini dapat digunakan sebagai kriteria dari struktur jaringan. Makin besar persen sambung-silang (*cross-links*) makin kecil jumlah penggembungannya (*swelling*). Jika derajat sambung-silang cukup tinggi, polimer dapat menjadi kaku, titik leleh tinggi, padat yang tak dapat digembungkan, misalnya intan.

2.6.2. Polystyrene

2.6.2.1. Defenisi dan Sifat Polystyrene

Polystyrene atau sering disebut *stryofoam* sebenarnya merupakan nama dagang yang telah dipatenkan oleh Perusahaan Dow Chemical untuk *polystyrene foam*. Oleh pembuatnya, *Styrofoam* dimaksudkan untuk digunakan sebagai insulator pada bahan konstruksi bangunan, bukan untuk kemasan makanan. *Styrofoam* merupakan bahan plastik yang memiliki sifat khusus dengan struktur yang tersusun dari butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan, dan terdapat ruang antar butiran yang berisi udara yang tidak dapat menghantar panas sehingga hal ini membuatnya menjadi insulator panas yang baik (InfoPOM, 2008).

Pada tahun 1941, para peneliti di Dow Chemical Physics Laboratory menemukan suatu cara untuk membuat *polystyrene foam*. Dipimpin oleh Ray McIntire, mereka kembali meneliti metode pertama yang telah ditemukan sebelumnya oleh penemu berkebangsaan Swedia, Carl George Munters. Dow memperoleh hak eksklusif untuk menggunakan hak paten Munters dan menemukan cara untuk membuat sejumlah besar diekstrusi plastik sebagai busa sel tertutup yang mampu menahan kelembaban. Karena sifat isolasi dan daya apungnya ini pada tahun 1942 *polystyrene foam* diadopsi oleh USA Coast Guard untuk digunakan pada rakit penolong. *Polystyrene* juga digunakan untuk bahan konstruksi bangunan, bahan pelapis, pipa insulasi, serta bunga dan produk kerajinan. *Polystyrene* isolasi ini telah banyak dipakai pada gedung dan fasilitas penting di Amerika Utara, (Fadlilah, 2010).

Di Amerika Serikat, kata “*Styrofoam*” sering digunakan sebagai istilah umum untuk hasil pengembangan *polystyrene foam* seperti cangkir kopi sekali pakai, pendingin atau bahan bantalan dalam kemasan. *Styrofoam* ini berwarna putih dan terbuat dari butiran-butiran *styrene*. *Styrofoam* ini berbeda dengan diekstrusi *Styrofoam* yang digunakan untuk isolasi. *Styrofoam* yang digunakan untuk kerajinan dapat dikenali dari kekasaran dan fakta bahwa akan berbunyi ketika dipotong, (Fadlilah, 2010).

2.6.2.2. Proses Pembuatan Polystyrene

Dalam kimia, polimer adalah monomer raksasa (makromolekul) yang biasanya memiliki bobot molekul tinggi, dibangun dari pengulangan unit-unit. Molekul sederhana yang membentuk unit-unit ulangan ini dinamakan monomer. Monomer merupakan unit terkecil dari suatu polimer. Sedangkan reaksi pembentukan polimer dikenal dengan istilah polimerisasi (Wikipedia.com).

Polystyrene dihasilkan dari campuran 90-95% *styrene* dan 5-10% gas seperti n-butana atau n-pentana (InfoPOM, 2008). *Polystyrene* merupakan suatu jenis plastik yang dibuat dari monomer *styrene* melalui proses polimerisasi. *Polystyrene* ini bersifat sangat amorphous, mempunyai indeks refraksi tinggi, dan sukar ditembus oleh gas, kecuali uap air. Dapat larut dalam alkohol rantai

panjang, kitin, ester hidrokarbon yang mengikat klorin. *Polystyrene* ini juga sangat ringan, kaku, tembus cahaya, dan murah, tetapi cepat rapuh. Karena kelemahannya tersebut, *polystyrene* dicampur dengan senyawa butadiene. Hal ini menyebabkan *polystyrene* kehilangan sifat jernihnya dan berubah warna menjadi putih susu. Kemudian untuk kelenturannya, ditambahkan zat *plasticizer* seperti *dioktil ftalat* (DOP), *butyl hidroksi toluene*, atau *n butyl stearat*. Plastik busa yang mudah terurai menjadi struktur sel kecil merupakan hasil proses peniupan dengan menggunakan gas klorofluorokarbon (CFC) sehingga membentuk buih (*foam*). Hasilnya adalah bentuk seperti yang dipergunakan selama ini (Sulchan & Endang, 2007).

Simbol untuk kode identifikasi resin *polystyrene* yang dikembangkan oleh *American Society of the Plastics Industry* (SPI) adalah logo panah memutar. Simbol ini menyatakan jenis plastiknya (*Polystyrene*, PS) dan mempermudah proses daur ulang (InfoPOM, 2008). Menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI) logo yang terdapat pada produk *Polystyrene* yang dianjurkan adalah logo segitiga dengan arah panah yang saling berhubungan dengan angka enam di tengahnya serta tulisan PS di bawah segitiga tersebut, (Fadlilah, 2010).

2.6.2.3. *Polystyrene* Sebagai Kemasan Makanan

Polystyrene saat ini menjadi salah satu pilihan bahan pengemas makanan dan minuman yang populer dalam bisnis makanan. Kemasan ini dipilih karena bahan ini memiliki beberapa kelebihan. Bahan tersebut mampu mencegah kebocoran dan tetap mempertahankan bentuknya saat dipegang, mampu mempertahankan panas dan dingin tetapi tetap nyaman dipegang, mempertahankan kesegaran dan keutuhan bahan yang dikemas, ringan, serta murah (Sulchan & Endang, 2007). Karena kelebihannya tersebut, kemasan *polystyrene* digunakan untuk pengemas pangan siap saji, segar, maupun yang memerlukan proses lebih lanjut (InfoPOM, 2008).

Namun ternyata selain mempunyai banyak keunggulan, kemasan *polystyrene* menyimpan kelemahan yaitu kemungkinan terjadinya migrasi atau

berpindahnya zat monomer *Styrene* dari bahan plastik ke dalam makanan, terutama jika makanan tersebut tidak cocok dengan kemasan atau wadah penyimpanannya. Setiap jenis makanan memiliki sifat yang perlu dilindungi oleh jenis plastik tertentu. Kesalahan material kemasan dapat mengakibatkan kerusakan bahan makanan yang dikemas (Sulchan & Endang, 2007).

2.6.2.4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Migrasi Kemasan *Styrofoam*

Terjadinya migrasi monomer *Styrene* dari kemasan *Styrofoam* ke dalam pangan dapat menimbulkan resiko bagi kesehatan. Migrasi dipengaruhi oleh suhu, lama kontak, dan tipe makanan. Semakin tinggi suhu, lama kontak, dan kadar lemak suatu makanan, semakin besar migrasinya (InfoPOM, 2008).

Styrofoam dapat digunakan untuk mengemas makanan pada rentang suhu yang bervariasi. Hal ini disebabkan karena *polystyrene* sebagai bahan dasar pembuatan *Styrofoam* tidak tahan terhadap suhu dan sudah melembek pada suhu 77°C. Menurut Kepala Bidang Polimer Rekayasa Pusat Teknologi Material Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), penggunaan kemasan plastik dan *Styrofoam* untuk makanan/ minuman dengan suhu lebih dari 60°C sebaiknya dihindari untuk mencegah terjadinya migrasi ke dalam makanan. Semakin tinggi suhu makanan, semakin banyak komponen yang mengalami migrasi, masuk, dan bercampur dengan makanan sehingga setiap kita mengonsumsi makanan tersebut kita secara tidak sadar mengonsumsi zat-zat yang termigrasi itu (Sulchan & Endang, 2007).

Makanan yang mengandung vitamin A tinggi bila dipanaskan dalam wadah *Styrofoam* akan melarutkan styrene yang ada di dalamnya. Pemanasan akan memecah vitamin A menjadi *toluene*, dan *toluene* ini adalah pelarut *styrene*. *Styrene* kemudian akan termigrasi ke dalam makanan, (Fadlilah, 2010).

Semakin lama produk disimpan, batas maksimum komponen-komponen yang bermigrasi semakin terlampaui. Apalagi bila makanan atau minuman tersebut banyak mengandung lemak dan minyak. Perpindahan akan semakin cepat jika kadar lemak dalam makanan atau minuman makin tinggi. Makanan dan

minuman yang mengandung alkohol atau asam juga dapat mempercepat perpindahan zat kimia. *Styrene* yang menjadi bahan dasar *Styrofoam* bersifat larut dalam lemak, alkohol, maupun asam. Sebuah penelitian mengungkapkan bahwa berat *cup Styrofoam* paling banyak berkurang bila digunakan untuk minuman *lemon tea*. Bila *Styrofoam* dibasahi dengan aseton/ alkohol, maka *Styrofoam* tersebut akan mengkerut dan lumer. Sifat larut lemak menyebabkan *Styrofoam* tidak cocok untuk wadah minuman susu atau *yoghurt* karena kedua jenis minuman ini mengandung lemak relatif tinggi. Demikian pula minum kopi dengan campuran krim tidak dianjurkan menggunakan *Styrofoam*, (Fadlilah, 2010).

Secara ringkas tabel 2.1 menjelaskan beberapa makanan dan minuman yang tidak boleh dikemas dengan kemasan *Styrofoam*.

Tabel 2.1. Jenis dan Contoh Makanan Dan Minuman Yang Tidak Boleh Dikemas dengan Kemasan *Styrofoam*

No.	Jenis Makanan/ Minuman	Contoh Makanan	Keterangan
1.	Makanan bersuhu panas	Semua makanan dengan suhu panas	Suhu > 60°C
2.	Makanan mengandung minyak dan lemak	Mie goreng, Nasi goreng , Soto, Bubur ayam, Keju, Susu	Produk susu dan turunannya: emulsi air dalam minyak, kandungan lemak rendah atau tinggi
3.	Makanan yang mengandung asam	Acar, Rujak, Makanan dengan saus tomat Misalnya sphagetti.	
4.	Minuman yang panas	Semua minuman dengan suhu panas	Suhu > 60°C
5.	Minuman yang mengandung lemak tinggi	Es krim, Kopi dengan krim, Susu, Yoghurt	Emulsi minyak dalam air, kandungan lemak rendah atau tinggi
6.	Minuman yang mengandung asam	Lemon tea, <i>Orange juice</i>	Dapat mengandung garam atau gula atau keduanya
7.	Minuman yang mengandung alkohol	Anggur, Bir, Rum, Whisky	Mengandung 8% atau lebih dari 8% alkohol

Sumber: Direktorat standardisasi Produk Pangan Deputy Bidang Pengawasan Keamanan Pangan Dan Bahan Berbahaya Badan POM RI

2.6.2.5 Bahaya Penggunaan Kemasan *Polystyrene* Bagi Kesehatan

Residu monomer *styrene* dalam makanan sangat berbahaya. Jika residu monomer *styrene* > 5.000 mg/l akan berbahaya bagi tubuh. Residu itu dapat menyebabkan *endocrine disrupter* (EDC), yaitu suatu penyakit yang terjadi akibat adanya gangguan pada sistem endokrinologi dan reproduksi manusia akibat bahan kimia karsinogen dalam makanan (Yuliarti, 2007).

Toksisitas yang ditimbulkan memang tidak langsung tampak. Sifatnya akumulatif dan dalam jangka panjang baru timbul akibatnya (Sulchan & Endang, 2007). Bahaya monomer *styrene* terhadap kesehatan setelah terpapar dalam jangka panjang, antara lain (InfoPOM, 2008):

1. Menyebabkan gangguan pada sistem syaraf pusat, dengan gejala seperti sakit kepala, letih, depresi, disfungsi sistem syaraf pusat (waktu reaksi, memori, akurasi, dan kecepatan visiomotor, fungsi intelektual), hilang pendengaran, dan neurofati peripheral.
2. Menyebabkan anemia. Paparan jangka panjang terhadap *styrene* akan menyebabkan *neurotoxic* (kelelahan, *nervous*, dan sulit tidur) dan haemoglobin rendah. Haemoglobin adalah bagian dari darah merah yang berfungsi mengangkut oksigen. Bila haemoglobin rendah maka banyak sel-sel tubuh yang akan kekurangan oksigen yang memunculkan gejala lesu, letih, dan lemah. Penyakit haemoglobin yang rendah disebut anemia.
3. Meningkatnya resiko leukemia dan limfoma.
4. *Styrene* termasuk bahan yang diduga dapat menyebabkan kanker pada manusia (2B), yaitu terdapat bukti terbatas pada manusia dan kurang cukup bukti pada binatang.
5. Monomer *styrene* dapat masuk ke dalam janin jika kemasan *Styrofoam* digunakan untuk wadah pangan beralkohol karena alkohol bersifat dapat melintasi plasenta. Hal ini menjelaskan mengapa dalam jaringan tubuh anak-anak ditemukan monomer *styrene* meskipun anak-anak tersebut tidak pernah terpapar secara langsung.
6. Monomer *styrene* juga dapat mengkontaminasi ASI.

Kemungkinan toksisitas plastik (*Styrofoam*) sebagai pengemas makanan juga berasal dari komponen aditif. Zat aditif yang ditambahkan untuk kelenturan pada proses pembuatan *Styrofoam* adalah dioktil ftalat (DOP). DOP menyimpan zat *benzene*, suatu larutan kimia yang sulit dilumat oleh sistem pencernaan. *Benzene* tidak bisa dikeluarkan melalui feses atau urin. Akibatnya zat ini semakin lama semakin menumpuk dan berbalut lemak. Hal tersebut bisa memicu timbulnya penyakit kanker (Sulchan & Endang, 2007).

2.6.2.6. Bahaya Penggunaan Kemasan *Styrofoam* Bagi Lingkungan

Selain berefek negatif bagi kesehatan, *Styrofoam* juga sering menimbulkan masalah pada lingkungan dan tidak ramah lingkungan. Kemasan plastik jenis *polystyrene* ini sering menimbulkan masalah pada lingkungan karena sifatnya yang tidak dapat diuraikan secara alami dan sulit didaur ulang sehingga tidak diminati oleh pemulung. Proses daur ulang *Styrofoam* yang telah dilakukan selama ini sebenarnya hanyalah dengan menghancurkan *Styrofoam* lama kemudian membentuknya menjadi *Styrofoam* baru dan menggunakannya kembali menjadi wadah makanan dan minuman. Sebagai gambaran, di Amerika Serikat setiap tahun diproduksi 3 juta ton bahan ini, tetapi hanya sedikit yang didaur ulang, sehingga sisanya masuk ke lingkungan. Karena tidak bisa diuraikan oleh alam, *Styrofoam* akan menumpuk begitu saja dan menjadi sumber sampah yang mencemari lingkungan, baik lingkungan air maupun tanah (InfoPOM, 2008).

Sementara itu, CFC sebagai bahan peniup pada pembuatan *Styrofoam*, meskipun bukan gas yang beracun, memiliki sifat mudah terbakar serta sangat stabil. Begitu stabilnya, gas ini baru bisa terurai sekitar 65-130 tahun (Sulchan & Endang, 2007). Dalam pembuatan *Styrofoam* ternyata 90% CFC yang digunakan akan dilepaskan di atmosfer yang kemudian akan mengikis lapisan ozon. Gas ini akan melayang di udara mencapai lapisan stratosfer dan akan terjadi reaksi serta akan menjebol lapisan pelindung bumi. Apabila lapisan ozon terkikis akan timbul efek rumah kaca. Bila suhu bumi meningkat, sinar ultraviolet matahari akan terus menembus bumi yang pada akhirnya dapat menimbulkan kanker (Khomsan, 2003).

Menurut *Presiden National Wildlife Federation*, sebuah *cup* terbuat dari *Styrofoam* mengandung 10 pangkat 18 molekul *chlorofluorocarbon* CFC. Ketika mereka terpecah karena radiasi ultraviolet, maka setiap molekul *chlorofluorocarbon* CFC akan menghancurkan 100.000 molekul ozon (Khomsan, 2003) dalam, (Fadlilah, 2010).

2.6.2.7. Beberapa Upaya Menghindari Bahaya Kemasan *Polystyrene*

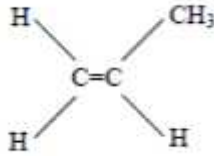
Untuk mengurangi besarnya migrasi *styrene* dari kemasan *polystyrene* dapat dilakukan hal-hal sebagai berikut (InfoPOM, 2008).

1. Kemasan *polystyrene* sebaiknya hanya digunakan untuk sekali pakai.
2. Hindari penggunaan kemasan *polystyrene* untuk pangan dengan suhu $> 60^{\circ}\text{C}$.
3. Hindari penggunaan kemasan *polystyrene* untuk pangan yang mengandung alkohol, asam, dan lemak.
4. Jika pangan yang akan dikemas bersuhu tinggi ($> 60^{\circ}\text{C}$), mengandung alkohol, asam, atau lemak maka sebisa mungkin digunakan kemasan pangan yang terbuat dari keramik atau kaca/ gelas.
5. Makanan dengan kemasan *polystyrene* jangan dipanaskan atau dimasukkan ke dalam *microwave*.
6. Hindari kontak langsung dengan pangan. Untuk itu sebelum mengemas pangan maka kemasan *polystyrene* dapat dipasang kertas ataupun daun.
7. Hindari penggunaan kemasan *polystyrene* oleh wanita hamil dan anak-anak.
8. Apabila terpaksa harus menggunakan wadah *polystyrene* sebaiknya pada makanan atau minuman yang dingin (bersuhu rendah).

2.6.3. *Polypropylene*

Polimer didefinisikan sebagai suatu molekul yang besar yang terdiri atas susunan ulang unit kimia yang kecil dan sederhana yang disebut monomer. Monomer *polypropylene* ($\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$) diperoleh dari hasil samping pemurnian minyak bumi. *Polipropilena* $(\text{CH}_2-\text{CHCH}_3)_n$ merupakan suatu jenis polimer termoplastik yang mempunyai sifat melunak dan meleleh jika dipanaskan (Billmeyer, 1971)

Polypropylene merupakan polimer hidrokarbon yang termasuk kedalam polimer termoplastik yang dapat diolah pada suhu tinggi. Struktur molekul propilena dapat dilihat pada gambar 2.2. berikut :



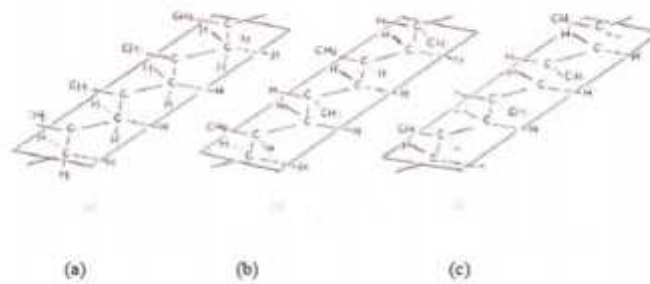
Gambar 2.3. Struktur *Polypropylene*

Karena keteraturan ruang polimer ini, rantai dapat dikemas lebih terjejal sehingga menghasilkan plastik yang kuat dan tahan panas. Pada suhu ruang, beberapa sifat, seperti daya regang dan kekakuan, sama dengan sifat polietena bermassa jenis tinggi, tetapi sifat itu berubah pada suhu yang lebih tinggi.

Polypropylene merupakan jenis bahan baku plastik yang ringan, densitas 0,90-0,92, memiliki kekerasan dan kerapuhan yang paling tinggi dan bersifat kurang stabil terhadap panas dikarenakan adanya hidrogen tersier. Penggunaan bahan pengisi dan penguat memungkinkan *Polypropylene* memiliki mutu kimia yang baik sebagai bahan polimer dan tahan terhadap pemecahan karena tekanan (*stress-cracking*) walaupun pada temperatur tinggi. Kerapuhan *polipropilena* di bawah 0° C dapat dihilangkan dengan penggunaan bahan pengisi.

2.6.3.1. Struktur *Polypropylene*

Dalam struktur polimer atom-atom karbon terikat secara tetrahedral dengan sudut antara ikatan C-C 109,5°C dan membentuk rantai zigzag planar. Untuk *polypropylene* struktur zigzag planar tiga dimensi dapat terjadi dalam tiga cara yang berbeda-beda tergantung pada posisi gugus metil satu sama lain. Ini menghasilkan struktur isotaktik, sindiotaktik atau ataktik. Ketiga struktur *polypropylene* tersebut pada pokoknya secara kimia berbeda satu sama lainnya. Pada *polypropylene* isotaktik semua gugus metil (CH₃) terletak pada sisi yang sama dari rantai utama karbonnya, pada sindiotaktik gugus metil terletak arah berlawanan selang-seling, sedangkan yang ataktik gugus metilnya acak seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.4. *Polypropylene* (a) Isotaktik (b) Sindiotaktik (c) Ataktik

2.6.3.2. Kegunaan *Polypropylene*

Polypropylene atau polipropilen (PP) adalah sebuah polimer termoplastik yang dibuat oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya pengemasan, tekstil (contohnya tali, pakaian, dan karpet), alat tulis, berbagai tipe wadah yang dapat dipakai berulang-ulang serta bagian plastik, perlengkapan laboratorium, pengeras suara, komponen otomotif, dan uang kertas polimer (<http://en.wikipedia.org/wiki/Polypropylene>).

Dalam tabel 2.2 menunjukkan karakteristik dari *polypropylene* (Rizka, 2008) :

Tabel 2.2 Karakteristik *Polypropylene*

Deskripsi	Satuan	Polypropylene
Densitas pada suhu 20 ⁰ C	Gr/cm ³	0,9
Suhu melunak	⁰ C	149
Titik lebur	⁰ C	170
Kristalinitas	%	60-70
Indeks fluiditas	Kg/cm ²	0,2-2,5
Modulus Of Elasticity	Ohm/cm ³	11000-13000
Tahanan Volumetrik	1000 <i>cycles</i>	10 ¹⁷
Konstanta dielektrik	-	2,3
Permeabilitas gas	-	-
Nitrogen	-	4,4
Oksigen	-	23
Gas Karbon	-	92
Uap air	-	600

Sumber : (Rizka, 2008)

2.6.4. *High Density Polyethylene (HDPE)*

High Density Polyethylene (HDPE) merupakan polietilen dengan jumlah rantai cabang yang lebih sedikit dibandingkan dengan PE. Rantai cabang yang lebih sedikit ini membuat plastik *High Density Polyethylene (HDPE)* memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. Ikatan hidrogen antar molekul yang berada pada plastik ini juga berperan dalam menentukan titik leleh plastik. *High Density Polyethylene (HDPE)* merupakan jenis *polyethylene* yang mempunyai kerapatan tinggi, lebih keras, lebih kuat dan lebih berat. *High Density Polyethylene (HDPE)* merupakan salah satu bahan plastik yang sedikit lebih aman untuk digunakan karena kemampuan untuk mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik berbahan *High Density Polyethylene (HDPE)* dengan makanan atau minuman yang dikemas dengan plastik jenis ini. Walau begitu, plastik jenis ini juga direkomendasikan hanya untuk sekali pakai, karena pelepasan senyawa *antimoni trioksida* yang dapat meningkat seiring dengan waktu. Plastik jenis *High Density Polyethylene (HDPE)* diberi kode 2 dan memiliki titik leleh yang cukup tinggi, oleh karena sifatnya ini *High Density Polyethylene (HDPE)* sering digunakan pada kemasan untuk botol susu, tupperware, galon air minum, kursi lipat, kemasan deterjen, kemasan susu.

2.6.5 *Low Density Polyethylene (LDPE)*

Low Density Polyethylene (LDPE) adalah plastik tipe cokelat sering dipakai untuk tempat makanan, plastik kemasan, dan botol-botol yang bersifat lunak. Plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)* memiliki ciri kuat, agak tembus cahaya, fleksibel dan permukaan agak berlemak. *Low Density Polyethylene (LDPE)* mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 g/mL-1, separuhnya berupa kristalin (50-60%) dan memiliki titik leleh 115⁰C. Secara fisik *Low Density Polyethylene (LDPE)* lebih fleksibel dan kerapatannya lebih kecil dibandingkan HDPE. Jenis plastik ini dapat di daur ulang dan baik untuk barang-barang yang memerlukan fleksibilitas tetapi kuat. Jenis plastik dengan kode 4 cukup sulit untuk dihancurkan tetapi tetap baik untuk tempat makanan karena sulit bereaksi secara kimiawi dengan makanan yang dikemas dengan jenis plastik ini.

2.6.6. Kemasan Alumunium Foil

Alumunium foil adalah bahan kemas dari logam, berupa lembaran alumunium padat dan tipis dengan ketebalan kurang dari 0.15 mm dan memiliki kekerasan yang berbeda. Foil mempunyai sifat thermotis, fleksibel, dan tidak tembus cahaya. Pada umumnya digunakan sebagai bahan pelapis (laminan) yang dapat ditempatkan pada bagian dalam (lapisan dalam) atau lapisan tengah sebagai penguat yang dapat melindungi bungkusan.

Alumunium dengan adanya udara akan membentuk alumunium-oksida yang merupakan lapisan film yang tahan terhadap korosi dari atmosfer. Jika alumunium digunakan untuk wadah maka bagian sebelah dalam akan kurang mendapat oksigen sehingga alumunium-oksida juga berkurang atau lama kelamaan akan habis, sehingga alumunium tidak akan tahan lagi terhadap korosi. Oleh karena itu bagian dalam dari wadah alumunium harus dilapisi enamel. Pelapisan atau "*coating*" tidak hanya melapisi metal dari korosi, tetapi juga mencegah kontak antara makanan dengan logam yang dapat menghasilkan warna atau cita rasa yang tidak diinginkan.

Ketebalan alumunium foil menentukan sifat protektifnya. Alumunium foil dengan ketebalan rendah masih dapat dilalui oleh gas dan uap. Sifat-sifat alumunium foil yang lebih tipis dapat diperbaharui dengan memberi lapisan plastik atau kertas menjadi foil-plastik, foil-kertas, atau kertas-foil-plastik. Teknik pengemasan dengan cara mengkombinasikan berbagai jenis kemasan bentuk (fleksibel) telah menghasilkan suatu bentuk yang disebut "*retort pouch*". Jenis kemasan ini memiliki keunggulan sebagai berikut : daya simpan tinggi, teknik penutupan mudah, kuat, tidak mudah sobek atau tertusuk, dan tahan terhadap proses sterilisasi. Sebagai contoh kemas bentuk *retort pouch* terdiri dari poliesteradhesif- alumunium foil-adhesif-polipropilen.

Berbagai makanan yang dibungkus dengan alumunium foil menunjukkan bahwa produk-produk makanan tersebut cukup baik dan tahan terhadap alumunium dengan resiko pengkaratan yang kecil. Reaksi-reaksi yang ditemukan sesungguhnya adalah reaksi kimia yang tidak berakibat fatal, tetapi jika dibungkus dengan alufo yang bersentuhan dengan logam-logam lain (baja, plat timah, perak)

maka akan terjadi reaksi elektrokimia atau galvanis dengan alumunium sebagai anoda. Kemasan alumunium untuk produk susu biasanya memerlukan lapisan pelindung. Laminasi alumunium pada pengemasan keju terutama untuk mencegah pengurangan air, menjaga penampakan, pelindung dari jasad renik dan juga mencegah masuknya oksigen (Derry, 2007)

2.6.7 Kemasan Kertas

Kertas adalah kemasan yang pertama ditemukan sebelum plastik dan logam. Saat ini kemasan kertas masih banyak digunakan dan mampu bersaing dengan kemasan lain seperti plastik dan logam karena harganya yang murah, mudah diperoleh dan penggunaannya yang luas. Selain sebagai kemasan, kertas juga berfungsi sebagai media komunikator dan media cetak. Kelemahan kemasan kertas untuk mengemas bahan pangan adalah sifatnya yang sensitif terhadap air dan mudah dipengaruhi oleh kelembaman udara lingkungan. Sifat-sifat kemasan kertas sangat tergantung pada proses pembuatan dan perlakuan tambahan pada proses pembuatannya.

Kemasan kertas dapat berupa kemasan fleksibel atau kemasan kaku. Jenis kemasan kertas yang dapat digunakan sebagai kemasan fleksibel adalah kertas kraft dan kertas tahan lemak (*grease proof*). Glassin dan kertas lilin (*waxed paper*) atau kertas yang dibuat dari modifikasi kemasan kertas fleksibel. Kemasan kertas yang kaku terdapat dalam bentuk karton, kotak, drum, cawan - cawan yang tahan air, yang dapat dibuat dari *paper board*, kertas laminasi, *corrugated board* dan berbagai jenis *board* dari kertas khusus. Wadah kertas biasanya dibungkus lagi dengan bahan - bahan kemasan lain seperti plastik dan foil logam yang lebih bersifat protektif.

2.6.7.1. Jenis-jenis Kertas

Ada dua jenis kertas utama yang digunakan, yaitu kertas kasar dan kertas lunak. Kertas yang digunakan sebagai kemasan adalah jenis kertas kasar, sedangkan kertas halus digunakan untuk kertas tulis berupa buku dan kertas sampul. Berikut beberapa jenis kertas kasar yang dapat digunakan untuk kemasan:

1. Kertas glasin dan kertas tahan minyak (*grease proof*).

Kertas glasin dan kertas tahan minyak dibuat dengan cara memperpanjang waktu pengadukan pulp sebelum dimasukkan ke mesin pembuat kertas. Penambahan bahan-bahan lain seperti plastisizer bertujuan untuk menambah kelembutan dan kelenturan kertas, sehingga dapat digunakan untuk mengemas bahan-bahan yang lengket. Penambahan antioksidan bertujuan untuk memperlambat ketengikan dan menghambat pertumbuhan jamur atau khamir. Kedua jenis kertas ini mempunyai permukaan seperti gelas dan transparan, mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap lemak, oli dan minyak, tidak tahan terhadap air walaupun permukaan dilapisi dengan bahan tahan air seperti lak dan lilin. Kertas glasin digunakan sebagai bahan dasar laminat.

2. Kertas Perkamen

Kertas perkamen digunakan untuk mengemas bahan pangan seperti mentega, margarine, biskuit yang berkadar lemak tinggi, keju, ikan (basah, kering atau digoreng), daging (segar, kering, diasap atau dimasak), hasil ternak lain, the dan kopi. Sifat-sifat kertas perkamen adalah :

- a. Mempunyai ketahanan lemak yang baik,
- b. Mempunyai kekuatan basah (*wet strength*) yang baik walaupun dalam air mendidih,
- c. Permukaannya bebas serat,
- d. Tidak berbau dan tidak berasa,
- e. Transparan dan translusid, sehingga sering disebut kertas glasin, dan
- f. Tidak mempunyai daya hambat yang baik terhadap gas, kecuali jika dilapisi dengan bahan tertentu.

3. Kertas lilin

Kertas lilin adalah kertas yang dilapisi dengan lilin yang bahan dasarnya adalah lilin parafin dengan titik cair 46-74 ° C dan dicampur polietilen (titik cair 100-124 ° C atau petrolatum (titik cair 4052 ° C). Kertas ini dapat menghambat air, tahan terhadap minyak/oli dan daya rekat panasnya baik.

Kertas lilin digunakan untuk mengemas bahan pangan, sabun, tembakau dan lain-lain.

4. Kertas *Container board*

Kertas daluang banyak digunakan dalam pembuatan kartun beralur. Ada dua jenis kertas daluang, yaitu, *line board* disebut juga kertas kraft yang berasal dari kayu cemara dan *corrugated medium* yang berasal dari kayu keras dengan proses sulfat.

5. Kertas *Chipboard*

Chipboard dibuat dari kertas koran bekas dan sisa-sisa kertas. Jika kertas ini dijadikan kertas kelas ringan, maka disebut *bogus* yaitu jenis kertas yang digunakan sebagai pelindung atau bantalan pada barang pecah belah. Kertas chipboard dapat juga digunakan sebagai pembungkus dengan daya rentang yang rendah. Jika akan dijadikan karton lipat, maka harus diberi bahan-bahan tambahan tertentu.

6. Kertas *Tyvek*

Kertas *tyvek* adalah kertas yang terikat dengan HDPE (*high density polyethylene*). Dibuat pertama sekali oleh Du Pont dengan nama dagang *Tyvek*. Kertas *tyvek* mempunyai permukaan yang licin dengan derajat keputihan yang baik dan kuat, dan sering digunakan untuk kertas foto. Kertas ini bersifat :

- a. *no grain* yaitu tidak menyusut atau mengembang bila terjadi perubahan kelembaban,
- b. tahan terhadap kotoran, bahan kimia,
- c. bebas dari kontaminasi kapang, dan
- d. mempunyai kemampuan untuk menghambat bakteri ke dalam kemasan

7. Kertas *Soluble*

Kertas *soluble* adalah kertas yang dapat larut dalam air. Kertas ini diperkenalkan pertama sekali oleh *Gilbreth Company, Philadelphia* dengan nama dagang *Dissolvo*. Digunakan untuk tulisan dan oleh FDA (*Food and Drug Administration*) tidak boleh digunakan untuk pangan. Sifat-sifat kertas

soluble adalah kuat, tidak terpengaruh kelembaban tetapi cepat larut di dalam air.

8. Kertas plastik

Kertas plastik dibuat karena keterbatasan sumber selulosa. Kertas ini disebut juga kertas sintetis yang terbuat dari lembaran stirena, mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- a. daya sobek dan ketahanan lipat yang baik,
- b. daya kaku lebih kecil daripada kertas selulosa, sehingga menimbulkan maslaah dalam pencetakan label,
- c. tidak mengalami perubahan bila terjadi perubahan kelembaban (RH),
- d. tahan terhadap lemak, air dan tidak dapat ditumbuhi kapang, dan
- e. Dapat dicetak dengan suhu pencetakan yang tidak terlalu tinggi, karena polistirena akan lunak pada suhu 80 ° C.

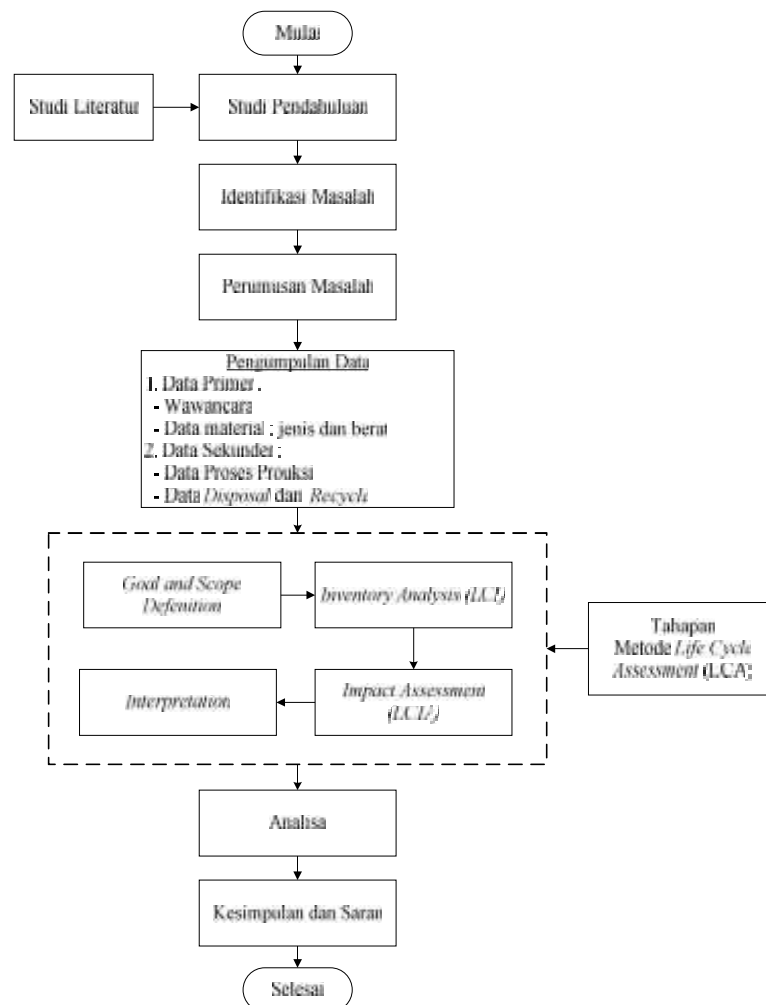
9. Kertas Berlapis (*Laminated paper*)

Kertas Berlapis ini dilapisi atau laminasi dengan bahan lain seperti plastik, almunium foil dengan berbagai bentuk. Contoh penggunaan kertas berlapis (*laminated paper*) adalah *tetrapack* yang terdiri dari lilin, karton alufo dan polietelen.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Metodologi penelitian menguraikan seluruh kegiatan yang dilaksanakan selama penelitian berlangsung dari awal proses penelitian sampai akhir penelitian. Setiap tahapan dalam metodologi merupakan bagian yang menentukan tahapan selanjutnya sehingga harus dilakukan dengan cermat. Metodologi penelitian ini disajikan dalam bentuk *flow chart*. Adapun langkah-langkah dalam melakukan penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flow Chart* Tahapan Penelitian

3.2. Studi Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui lebih detail tentang informasi-informasi yang diperlukan untuk menentukan variabel penelitian. Berdasarkan informasi tersebut maka didapat tahap penyelesaian masalah yang ada sehingga pembahasan dalam penelitian ini menjadi terarah. Studi pendahuluan dilakukan pada kemasan mi instan cup yang menjadi objek penelitian. Langkah ini dilakukan untuk mengetahui dampak lingkungan yang ditimbulkan selama siklus hidup kemasan tersebut.

3.3. Studi Pustaka

Studi literatur sangat diperlukan dalam melakukan persiapan penelitian untuk mendapatkan teori dan konsep penelitian tentang "Analisis *sustainability packaging* dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA)". Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan informasi-informasi yang diperlukan dalam pelaksanaan tugas akhir. Jenis literatur yang digunakan sebagai acuan antara lain buku-buku mengenai konsep *sustainability*, kemasan, metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dan lainnya. Selain itu, penulisan juga mengacu kepada karya ilmiah yang mendukung teori seperti jurnal atau hasil penelitian lainnya.

3.4. Identifikasi Permasalahan

Setelah permasalahan diketahui melalui penelitian pendahuluan, dan kemudian didukung oleh teori-teori yang ada maka langkah selanjutnya adalah melakukan identifikasi terhadap permasalahan tersebut.

Dari penelitian pendahuluan diketahui bahwa kemasan mi instan cup mempunyai dampak yang besar terhadap lingkungan selama siklus hidupnya, untuk itu perlu dilakukan penelitian terhadap kemasan tersebut.

3.5. Perumusan Masalah

Jika suatu permasalahan sudah diketahui, maka selanjutnya dibuat suatu rumusan masalah yang tujuannya adalah agar peneliti maupun pengguna hasil penelitian mempunyai persepsi yang sama terhadap penelitian yang dihasilkan.

Rumusan masalah berisi pertanyaan-pertanyaan yang nantinya akan terjawab ketika penelitian selesai. Pada penelitian ini, masalah yang dihadapi adalah bagaimana mengetahui dan menganalisa kemasan mie instan cup yang lebih ramah lingkungan dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA)?

3.6. Pengumpulan Data

Untuk menghasilkan penelitian yang ilmiah dan bisa dipertanggung jawabkan, data merupakan hal yang sangat signifikan. Oleh sebab itu data yang dikumpulkan haruslah benar-benar riil dan bukan rekayasa. Ada dua hal utama yang mempengaruhi kualitas data hasil penelitian, yaitu kualitas instrumen penelitian dan kualitas pengumpulan data (Sugiyono, 2010). Dalam penelitian ini teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan pada kemasan mie instan cup Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystrene*), mie instan cup Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*), dan mie instan cup Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*), Nissin Newdles 77 gr (*Polystrene*). Adapun teknik yang termasuk pengumpulan data ini yaitu :

- a. wawancara, dimana dilakukan dengan cara mewawancarai pelaku usaha pengepul sampah daur ulang.
- b. Data material, berupa spesifikasi dari obyek kemasan yang diteliti seperti jenis material dan berat.

2. Data Sekunder

Data sekunder ini merupakan data yang secara tidak langsung memberikan informasi kepada pengumpul data. Adapun teknik pengumpulan data dengan metode ini adalah sebagai berikut:

- a. Data proses produksi, berupa proses produksi produk kemasan dari bahan baku hingga produk jadi.
- b. Data proses *recycle / disposal*.

3.7. Pengolahan data Metode *Life Cycle Assessment* (LCA)

3.7.1. *Goal & Scope*

Penentuan *goal* dan *scope* dari penelitian ini adalah sebagai arahan dan batasan yang jelas dari penelitian ini. *Goal* dan *scope* yang ditentukan berpengaruh terhadap hasil evaluasi analisis *life cycle Assessment* (LCA). *Goal* merupakan tujuan dari studi analisis *Life Cycle Assessment* (LCA) ini. Fase ini bertujuan untuk memformulasikan dan mendeskripsikan tujuan, sistem yang akan dievaluasi, batasan-batasan, dan asumsi-asumsi yang berhubungan dengan dampak di sepanjang siklus hidup. *Goal* yang akan dicapai yaitu mengidentifikasi dampak lingkungan dari kemasan mie instan cup Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystrene*), Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*), Nissin Newdles 77 gr (*Polystrene*) dan Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*). Sedangkan *scope Life Cycle Assessment* (LCA) meliputi proses produksi produk yang diteliti, *waste scenario* (skenario limbah) dan transportasi tidak dihitung karena dianggap sama.

3.7.2. *Life Cycle Inventory* (LCI)

Pada tahap ini, semua data mengenai emisi yang berpotensi timbul dan juga konsumsi bahan baku dikumpulkan. Siklus hidup suatu produk, melibatkan berbagai macam proses dalam siklusnya. Membuat suatu model *Life Cycle Assessment* (LCA) dibutuhkan suatu pengumpulan data dari semua proses yang terjadi meliputi bahan baku, proses dan cemaran.

3.7.3. *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA)

Penilaian *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) dilakukan dengan tujuan mengevaluasi dampak yang dihasilkan selama siklus hidup kemasan mie instan cup Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystrene*), mie instan cup Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*), Nissin Newdles 77 gr (*Polystrene*) faktor yang dianalisis pada penelitian ini adalah faktor lingkungan.

3.7.4 *Interpretation*

Kombinasi hasil-hasil dari *Life Cycle Inventory* (LCI) dan *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) digunakan untuk menginterpretasikan, menarik kesimpulan dari dengan *goal and scope* yang telah diidentifikasi sebelumnya.

3.8. Analisa

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan, maka selanjutnya kita dapat menganalisa lebih mendalam dari hasil pengolahan data tersebut. Analisa tersebut akan mengarahkan pada tujuan penelitian dan akan menjawab pertanyaan pada perumusan masalah.

3.9. Tahap Kesimpulan dan Saran

Kemudian langkah terakhir yang dilakukan adalah pengambilan kesimpulan dan pemberian saran. Kesimpulan yang diambil berisikan poin-poin hasil dari terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan ini harus disesuaikan dengan tujuan penelitian. Sedangkan saran berisikan rekomendasi mengenai apa-apa yang dapat dilakukan untuk menutup kekurangan yang terjadi, apabila tujuan belum sepenuhnya tercapai atau untuk menyempurnakan hasil penelitian. Saran yang diberikan diharapkan bersifat membangun untuk tahap perbaikan selanjutnya.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada ini akan dijelaskan langkah pengumpulan dan pengolahan data yang berhubungan dengan penelitian yang akan digunakan dalam tugas akhir ini. Pada bagian pengumpulan data akan dipaparkan data-data utama untuk perhitungan serta data pelengkap untuk mendukung proses pengolahan data. Pada bagian pengolahan data dibahas langkah-langkah pengolahan data serta hasil pengolahan data yang akan dibahas pada bab selanjutnya.

4.1. Pengumpulan Data





Tahap pengumpulan data merupakan fase dimana setiap komponen produk didefinisikan. Di dalam LCA, setiap aliran masuk dan aliran keluar dalam satu sistem produk diterjemahkan ke dalam indikator-indikator lingkungan. Fase ini disebut *Life Cycle Inventory* (LCI). Pengumpulan data dilakukan untuk setiap proses dalam rantai siklus hidup cup mie instant yaitu proses produksi, dan pembuangan. Data merupakan data sekunder yang dikumpulkan dari jurnal, hasil penelitian, serta buku yang berkaitan. Secara umum, berikut ini merupakan data inventori berupa *input* dan *output* yang akan dikumpulkan:

1. Data spesifikasi produk (jenis material, berat material, dan dimensi material).
2. *Life Cycle Inventory* proses produksi cup mie instant (pembuatan *polystyrene*, *polypropylene*, *paper laminated*).

Sebagian aliran *input* dan *output* dari setiap skenario diperoleh dengan menggunakan data sekunder berdasarkan publikasi hasil penelitian yang telah dipublikasikan sebelumnya. Sebagian data lainnya didapatkan dari hasil perhitungan sendiri dengan beberapa asumsi dan data primer. Data dari masing-masing proses dari data sekunder maupun data hasil perhitungan kemudian akan diolah untuk mendapatkan inventarisasi tiap unit obyek yang diteliti

4.1.1. Data Spesifikasi Produk

Tabel 4.1. Spesifikasi Produk

Nama Produk		Dimensi Kemasan (cm)	Komponen (<i>part</i>)	Jenis material	Berat (gr)
	Nissin Yakisoba 80 gr (<i>Polystyrene</i>)	Ukuran atas : 14,5 × 13 Ukuran bawah : 11 × 9,5 Tinggi : 5,5	Cup (wadah)	<i>Polystyrene</i>	5,89
			Lid (tutup wadah)	<i>High Density Polyethylene (HDPE)</i>	7,12
	Pop Mie 80 gr (<i>Polypropylene</i>)	Diameter atas : 10,8 Diameter bawah : 8 Tinggi : 9,5	Cup (wadah)	<i>Polypropylne</i>	20,26
			Lid (Tutup wadah)	<i>Aluminium Foil</i>	0,92
				<i>Paper</i>	0,24
				<i>Low Density Polyethylene (LDPE)</i>	0,10
	Nissin Newdles 77 gr (<i>Polystyrene</i>)	Diameter atas : 14 Diameter bawah : 7 Tinggi : 6,5	Filter lid	<i>Polypropylne</i>	2,22
			Cup (wadah)	<i>Polystyrene</i>	4,93
	Mi ABC Cup 80 gr (<i>Paper</i>)	Diameter atas : 11 Diameter bawah : 8 Tinggi : 9	Cup (wadah)	<i>Paper laminated</i>	17,96
			Lid (Tutup wadah)	<i>Almunium Foil</i>	0,75
				<i>Paper</i>	0,18
				<i>Low Density Polyethylene (LDPE)</i>	0,11

4.1.2. Life Cycle Inventory (LCI)

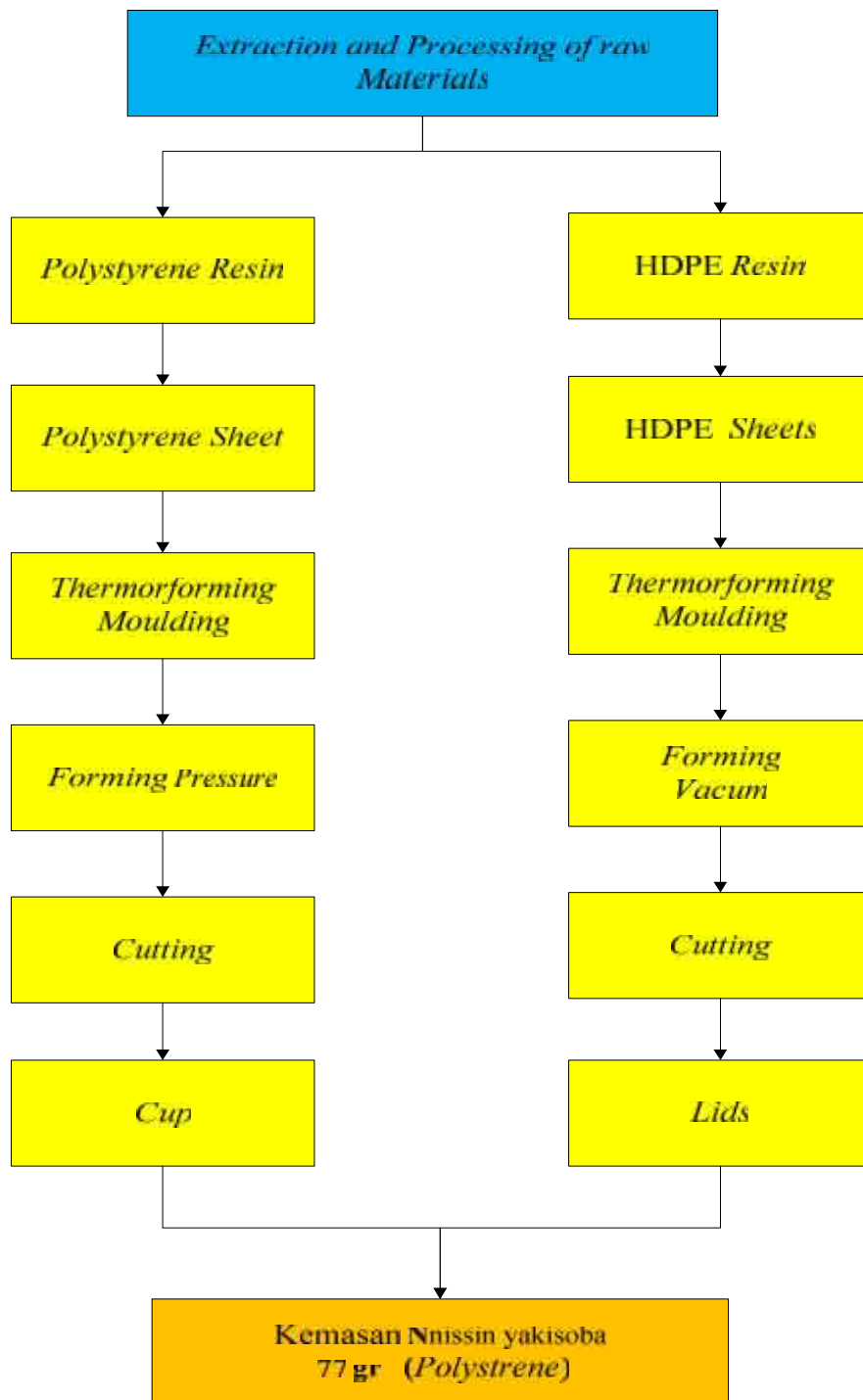
4.1.2.1. Life Cycle Inventory (LCI) Kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (Polystyrene)

Siklus hidup kemasan nissin yakisoba 80 gr (*Polystyrene*), diawali dengan proses produksi kemasan, kemudian kemasan yang telah selesai diproduksi digunakan untuk mengemas produk yaitu mie instant. Produk tersebut akan disalurkan ke konsumen melalui distributor dan konsumen akan memanfaatkan produk tersebut sehingga menimbulkan limbah kemasan yang berpotensi mencemari lingkungan. Pencemaran tersebut dapat terjadi karena kemasan *polystyrene* tidak dapat didaur ulang oleh lingkungan.

Analisis inventory dilakukan pada tahap proses produksi kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*polystyrene*) yang meliputi bahan baku dan *energy* yang dibutuhkan proses produksi serta *output* yang dihasilkan dari proses produksi kemasan serta cemar lingkungan dari limbah kemasan terhadap lingkungan.

1. Proses Produksi Kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (Polystyrene)

Proses produksi kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*polystyrene*) terdiri atas dua proses produksi yaitu proses produksi *cup* (wadah) dan *lid* (tutup wadah). Sebuah jurnal, dengan judul “*Rekayasa Mesin Thermoforming Vaccum*” oleh Nusyirwan (2007), mengkompilasi sebuah *inventory* dari proses *plastic moulding thermoforming*. Pada gambar 4.1 menjelaskan aliran proses produksi *plastic moulding thermoforming* pada Kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystyrene*)



Gambar 4.1. Diagram Proses Produksi Kemasan Nissin Yakisoba 80 gr
(Polystyrene)

a. Proses Pembuatan *Cup*

1. *Polystyrene sheet* (lembaran *polystyrene*)

Proses pembentukan lembaran plastik untuk jenis termoplastik ini dapat dibagi dalam tiga tahap sebagai berikut

a. Proses Pelunakan.

Dilakukan dengan cara pemanasan bahan (lembaran plastik) pada cetakan sampai suhu tertentu untuk proses pembentukan.

b. Proses Pembentukan

Dilakukan dengan pem-vakuman ruang cetakan yang telah disiapkan. Salah satu daya tarik vakum adalah tidak diperlukannya tekanan tinggi sehingga cetakan tidak perlu kuat.

c. Proses Pengerasan

Proses pengerasan plastik dilakukan didalam cetakan pada temperatur tekanan, dan waktu tertentu agar plastik yang dicetak tidak kembali mengalami perubahan bentuk.

2. *Thermoforming Moulding*

Bahan termoplastik berupa lembaran dipanaskan lalu dibentuk dengan mengurangi tekanan udara, Lembaran plastik setebal 0,025 sampai 6,5 mm diklem, pemanas di dekatkan sampai plastik melunak, lalu pemanas dijauhkan, dilakukan Vakum. Bila lembaran agak tebal pemanasan dilakukan dari dua sisi. Salah satu daya tarik forming vakum ialah tidak diperlukannya tekanan tinggi hingga cetakan tidak usah kuat, bila pendinginan dituntut, dapat menggunakan Aluminium karena mudah dibentuk, daya hantar panas baik, mudah dipoles serta awet.

3. *Forming Pressure*

Proses pembentukan dengan metode tekan dilakukan dengan memberikan tekanan pada lembaran *polystyrene* pada ruang cetakan yang akan mencetak lembaran *polystyrene* panas yang sehingga lembaran *polystyrene* akan terbentuk/ tercetak sesuai dengan bentuk cetakan yang digunakan.

4. *Cutting*

Pemotongan dilakukan untuk memisahkan antara hasil cetakan dengan lembaran dan sisa dari hasil pemotongan akan digulung kembali untuk kembali dilebur menjadi *resin*.

b. Proses Pembuatan *Lid* (Tutup Wadah)

Proses pembuatan *lid* (tutup wadah) ini dapat dibagi dalam beberapa tahap yaitu :

1. *High Density Polyethylene (HDPE) sheet*

Proses pembentukan lembaran plastik untuk jenis termoplastik ini dapat dibagi dalam tiga tahap sebagai berikut

a. Proses Pelunakan.

Dilakukan dengan cara pemanasan bahan (lembaran plastik) pada cetakan sampai suhu tertentu untuk proses pembentukan.

b. Proses Pembentukan

Dilakukan dengan pem-vakuman ruang cetakan yang telah disiapkan. Salah satu daya tarik vakum adalah tidak diperlukannya tekanan tinggi sehingga cetakan tidak perlu kuat.

c. Proses Pengerasan

Proses pengerasan plastik dilakukan didalam cetakan pada temperatur tekanan, dan waktu tertentu agar plastik yang dicetak tidak kembali mengalami perubahan bentuk.

2. *Thermoforming Moulding*

Bahan termoplastik berupa lembaran dipanaskan lalu dibentuk dengan mengurangi tekanan udara, Lembaran plastik setebal 0,025 sampai 6,5 mm diklem, pemanas di dekatkan sampai plastik melunak, lalu pemanas dijauhkan, dilakukan Vakum. Bila lembaran agak tebal pemanasan dilakukan dari dua sisi. Salah satu daya tarik forming vakum ialah tidak diperlukannya tekanan tinggi hingga cetakan tidak usah kuat, bila pendinginan dituntut, dapat menggunakan Aluminium karena mudah dibentuk, daya hantar panas baik, mudah dipoles serta awet.

3. *Forming Vacuum*

Pemvakuman dilakukan dengan mengisap udara pada vakum box yang berakibat akan terjadinya kondisi vakum pada ruang cetakan yang akan mengisap/ mencetak lembaran plastik panas yang diklem pada cetakan sehingga lembaran plastik akan terbentuk/ tercetak sesuai dengan bentuk cetakan yang digunakan.

4. *Cutting*

Pemotongan dilakukan untuk memisahkan antara hasil cetakan dengan lembaran dan sisa dari hasil pemotongan akan digulung kembali untuk kembali dilebur menjadi *resin*.

2. **Data yang Digunakan dalam *Software Sima Pro***

Material dan proses manufaktur untuk setiap komponen diidentifikasi dengan menggunakan perangkat lunak *Sima Pro*. Perangkat lunak ini secara otomatis akan mengidentifikasi emisi, energi yang digunakan dan dampak lingkungan yang terkait dengan materi dan proses pembuatan komponen yang sedang dipilih. Hal ini dilakukan sesuai *database* yang terkait dengan bahan dan proses dalam industri yang sedang diteliti. Adapun komponen data jenis material *database Sima Pro* sebagai berikut:

Tabel 4.2 Jenis Material *Databased Sima Pro*

No.	Komponen (<i>Part</i>)	Jenis Material
1	<i>Cup</i> (wadah)	<i>Polystyrene Thermoforming E</i>
2	<i>Lid</i> (tutup wadah)	<i>High Density Polyethylene (HDPE) Resin E</i>

Selain jenis material yang digunakan dalam *databased simapro*, proses manufaktur dari produk yang diteliti yaitu kemasan nissin yakisoba 80 gr (*polystyrene*) juga tersaji dalam *databased simapro* dan dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Proses Manufaktur *Databased Sima Pro*

No.	Komponen (<i>Part</i>)	Jenis Material	Proses Manufaktur
1	<i>Cup</i> (wadah)	<i>Polystyrene</i>	<i>Thermoforming with calendaring/RER S</i>
2	<i>Lid</i> (Tutup wadah)	<i>High Density Polyethylene (HDPE)</i>	<i>Thermoforming with calendaring/RER S</i>

3. Skenario Limbah (*Waste Scenario*) kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystyrene*).

Sima Pro memiliki permodelan akhir fase kehidupan. Dalam skenario limbah, aliran limbah dibagi dalam limbah yang berbeda jenis. Pada tahap akhir dari penggunaan kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystyrene*) terdiri atas dua komponen yaitu *cup* (wadah) dan *lid* (tutup wadah). Pada *cup* (wadah) dengan jenis material *Polystyrene* tidak terjadinya proses *recycle* (daur ulang). ini disebabkan tidak adanya suatu tempat pengolahan yang dapat mendaur ulang jenis plastik *polystyrene*, sehingga tidak adanya kegiatan pemungutan oleh pemulung ataupun pengepul dari limbah kemasan jenis *polystyrene*. jadi bisa dikatakan bahwa persentase pembuangan limbah atau cemaran terhadap lingkungan sebesar 100%. Untuk *lid* (tutup wadah) dengan jenis material *High Density Polyethylene (HDPE)* tidak terjadinya proses *recycle* (daur ulang). sehingga tidak adanya kegiatan pemungutan oleh pemulung ataupun pengepul. jadi bisa dikatakan bahwa persentase pembuangan limbah atau cemaran terhadap lingkungan sebesar 100%.

Tabel 4.4 Persentase Skenario Limbah (*Waste Scenario*)

No.	Komponen (<i>Part</i>)	Jenis Material	Persentase Pembuangan ke TPA	Persentase Daur Ulang
1	<i>Cup</i> (wadah)	<i>Polystyrene</i>	100 %	-
2	<i>Lid</i> (Tutup Wadah)	<i>High Density Polyethylene (HDPE)</i>	100 %	-

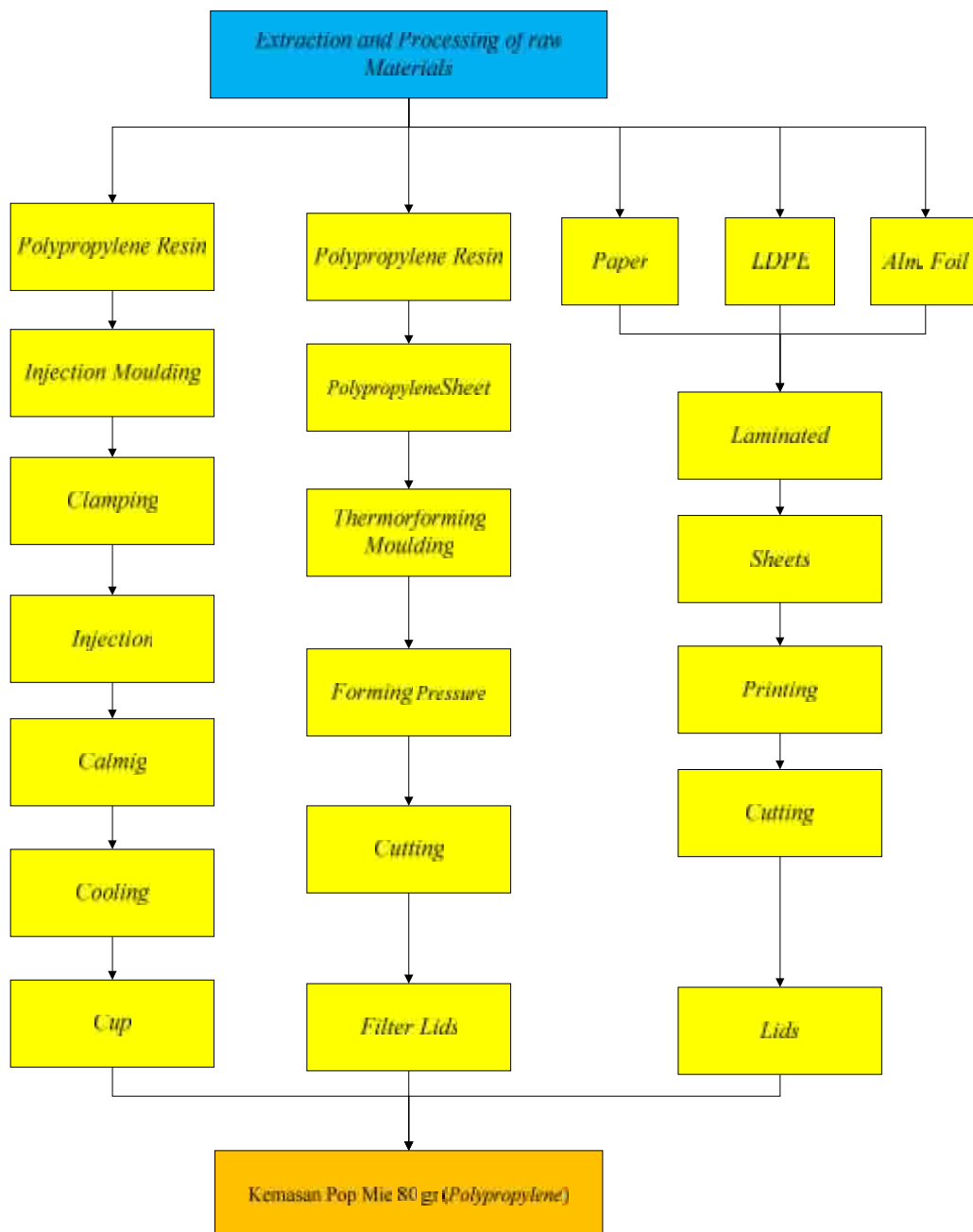
4.1.2.2. Life Cycle Inventory (LCI) Kemasan Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*)

Siklus hidup kemasan Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*), diawali dengan proses produksi kemasan, kemudian kemasan yang telah selesai diproduksi digunakan untuk mengemas produk yaitu mie instant. Produk tersebut akan disalurkan ke konsumen melalui distributor dan konsumen akan memanfaatkan produk tersebut sehingga menimbulkan limbah kemasan yang berpotensi mencemari lingkungan. Pencemaran tersebut dapat terjadi karena kemasan *polystyrene* tidak dapat didaur ulang oleh lingkungan. Siklus hidup kemasan Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*) dapat dilihat pada gambar 4.2.

Analisis inventory dilakukan pada tahap proses produksi Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*) yang meliputi bahan baku dan *energy* yang dibutuhkan proses produksi serta *output* yang dihasilkan dari proses produksi kemasan serta cemaran lingkungan dari limbah kemasan terhadap lingkungan.

1. Proses Produksi Kemasan Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*)

Proses produksi kemasan Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*) terdiri atas dua proses produksi yaitu proses produksi *cup* (wadah) dan *lid* (tutup wadah). Pada gambar 4.2 menjelaskan aliran proses produksi kemasan Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*) dari bahan baku hingga bahan jadi disajikan sebagai berikut. Sebuah skripsi, dengan judul “*pengaruh variasi campuran dan temperatur polypropylene, polyethylene, dan polystyrene pada proses plastic molding*” oleh Yasser Arafat (2010), mengkompilasi sebuah *inventory* dari proses *plastic moulding thermoforming*. Pada gambar 4.2 menjelaskan aliran proses produksi *plastic moulding Injection Molding dan thermoforming* pada Kemasan Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*) sebagai berikut



Gambar 4.2. Proses Produksi Kemasan Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*)

a. Proses Pembuatan *Cup*

1. Pengapitan (*Clamping*)

Suatu mesin injeksi memiliki tiga bagian utama, yaitu cetakan, pengapit dan unit penyuntik. Unit pengapit adalah pemegang cetakan yang mengalami

tekanan selama proses penyuntikan dan pendinginan. Pada dasarnya, pengapit ini memegang kedua belah cetakan bersama-sama.

2. Suntikan (*Injection*)

Pada saat penyuntikan, material plastik umumnya dalam bentuk butiran/pellet, diisi kedalam suatu wadah saluran tuang (*hopper*) yang terdapat bagian atas unit mesin. Butir/pellet ini disuap ke dalam silinder untuk dipanaskan hingga mencair. Di dalam silinder (*barrel*) terdapat mesin *screw* (berputar) yang mencampur bahan butiran/pellet cair dan mendorong campuran ke bagian ujung silinder. Ketika material yang dikumpulkan di ujung *screw* telah cukup, proses penyuntikan dimulai. Plastik yang dicairkan dimasukkan kedalam cetakan melalui suatu *nozzle injector*, ketika tekanan dan kecepatan diatur oleh *screw* tersebut. Sebagian mesin injeksi menggunakan suatu pendorong sebagai pengganti *screw*

3. Penenangan (*Calming*)

Tahap ini adalah waktu penenangan sesaat setelah proses penyuntikan. Plastik cair telah disuntik kedalam cetakan dan tekanan dipertahankan untuk meyakinkan segala sisi rongga cetakan telah terisi secara sempurna.

4. Pendinginan (*Cooling*)

Plastik didinginkan didalam cetakan untuk mendapatkan bentuk padatnya didalam cetakan. Pada proses ini sekaligus pengisian ulang bahan plastik dari *hopper* ke dalam *barrel* dengan *screw* yang berputar

b. Proses Pembuatan *Filter* (Saringan)

Proses pembuatan *filter* (saringan) ini dapat dibagi dalam beberapa tahap yaitu :

1. *Polypropylene sheet* (lembaran *Polypropylene*)

Proses pembentukan lembaran plastik untuk jenis termoplastik ini dapat dibagi dalam tiga tahap sebagai berikut

a. Proses Pelunakan.

Dilakukan dengan cara pemanasan bahan (lembaran plastik) pada cetakan sampai suhu tertentu untuk proses pembentukan.

b. Proses Pembentukan

Dilakukan dengan pem-vakuman ruang cetakan yang telah disiapkan. Salah satu daya tarik vakum adalah tidak diperlukannya tekanan tinggi sehingga cetakan tidak perlu kuat.

c. Proses Pengerasan

Proses pengerasan plastik dilakukan didalam cetakan pada temperatur tekanan, dan waktu tertentu agar plastik yang dicetak tidak kembali mengalami perubahan bentuk.

2. *Thermoforming Moulding*

Bahan termoplastik berupa lembaran dipanaskan lalu dibentuk dengan mengurangi tekanan udara, Lembaran plastik setebal 0,025 sampai 6,5 mm diklem, pemanas di dekatkan sampai plastik melunak, lalu pemanas di jauhkan, dilakukan Vakum. Bila lembaran agak tebal pemanasan dilakukan dari dua sisi. Salah satu daya tarik forming vakum ialah tidak diperlukannya tekanan tinggi hingga cetakan tidak usah kuat, bila pendinginan dituntut, dapat menggunakan Aluminium karena mudah dibentuk, daya hantar panas baik, mudah dipoles serta awet.

3. *Forming Vacuum*

Pemvakuman dilakukan dengan mengisap udara pada vakum box yang berakibat akan terjadinya kondisi vakum pada ruang cetakan yang akan mengisap/ mencetak lembaran plastik panas yang diklem pada cetakan sehingga lembaran plastik akan terbentuk/ tercetak sesuai dengan bentuk cetakan yang digunakan.

4. *Cutting*

Pemotongan dilakukan untuk memisahkan antara hasil cetakan dengan lembaran dan sisa dari hasil pemotongan akan digulung kembali untuk kembali dilebur menjadi *resin*.

c. **Proses Pembuatan *Lids* (Tutup Wadah)**

1. *Laminated*

Satu sisi bagian lembaran kertas dilapisi dengan *aluminium foil* dan *Low Density Polyethylene* (LDPE) dengan tahapan pemanasan pada roller dan

selanjutnya ketiga bahan tersebut diberikan tekanan sehingga menyatu yang kemudian dimuat ke percetakan untuk memproduksi gambar yang diinginkan di atas kertas.

2. *Printing*

Lembaran kertas yang telah dilaminasi akan masuk pada proses selanjutnya yaitu proses mencetak disain sesuai dengan apa yang diinginkan.

3. *Cutting*

Kertas yang telah dicetak akan dipotong sesuai dengan bentuk yang telah didisain dimana nantinya bentuk yang diharapkan bentuk silinder berupa cup dengan diameter atas lebih besar dibandingkan bawah.

2. **Data yang Digunakan dalam Software Sima Pro**

Material dan proses manufaktur untuk setiap komponen diidentifikasi dengan menggunakan perangkat lunak *Sima Pro*. Perangkat lunak ini secara otomatis akan mengidentifikasi emisi, energi yang digunakan dan dampak lingkungan yang terkait dengan materi dan proses pembuatan komponen yang sedang dipilih. Hal ini dilakukan sesuai *database* yang terkait dengan bahan dan proses dalam industri yang sedang diteliti. Adapun komponen data jenis material *database* *Sima Pro* dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Jenis Material *Databased Sima Pro*

No.	Komponen (<i>Part</i>)	Jenis Material
1	<i>Cup</i> (wadah)	<i>Polypropylene Injection Moulding E</i>
2	<i>Lid</i> (tutup wadah)	<i>Aluminium sheet, Kraft paper, LDPE Resin E</i>
3	<i>Filter</i> (penyaring)	<i>Polypropylene Resin E</i>

Selain jenis material yang digunakan dalaam *databased simapro*, proses manufaktur dari produk yang diteliti yaitu Kemasan Pop Mie 80 gr

(*Polypropylene*) juga tersaji dalam *databased simapro* dan dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Proses Manufaktur *Databased Sima Pro*

No.	Komponen (<i>Part</i>)	Jenis Material	Proses Manufaktur
1	<i>Cup</i> (wadah)	<i>Polypropylene</i>	<i>Injection moulding/RER S</i>
2	<i>Lid</i> (tutup wadah)	<i>Paper, aluminium foil dan Low Density Polyethylene (LDPE)</i>	<i>Calendering, rigid sheets/RER S</i>
3	<i>Filter</i> (penyaring)	<i>Polypropylene</i>	<i>Thermoforming with calendaring/RER S</i>

3. Skenario Limbah (*Waste Scenario*) kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystyrene*).

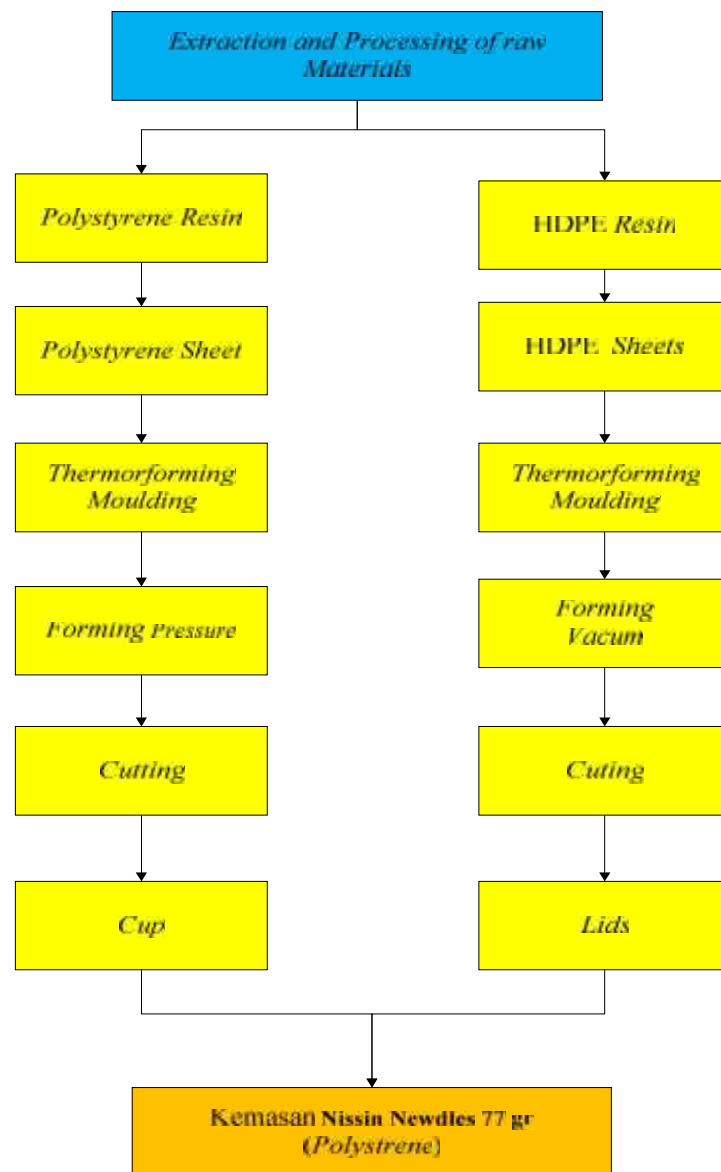
Kemasan Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*) terdiri atas tiga komponen yaitu *cup* (wadah), *lid* (tutup wadah) dan *filter* (saringan). Pada *cup* (wadah) dengan jenis material *Polypropylene* terdapat proses *recycle* (daur ulang). Adanya kegiatan pemungutan oleh pemulung ataupun pengepul dari limbah kemasan jenis *Polypropylene*. persentase pembuangan limbah atau cemaran terhadap lingkungan sebesar 97% sedangkan persentase yang untuk proses *recycle* (daur ulang) sebesar 3%. Untuk *lid* (tutup wadah) dengan penyatuan berbagai bahan seperti *paper*, *aluminium foil*, dan *Low Density Polyethylene (LDPE)* tidak terjadinya proses *recycle* (daur ulang). sehingga tidak adanya kegiatan pemungutan oleh pemulung ataupun pengepul. jadi bisa dikatakan bahwa persentase pembuangan limbah atau cemaran terhadap lingkungan sebesar 100% dan terakhir pada komponen filter (saringan) hanya berkisar 3% saja yang dapat didaur ulang sedangkan sisanya 97% tidak dapat didaur ulang.

Tabel 4.7 Persentase Skenario Limbah (*Waste Scenario*)

No.	Komponen (Part)	Jenis Material	Persentase Pembuangan ke TPA	Persentas e Daur Ulang
1	<i>Cup</i> (wadah)	<i>Polypropylene</i>	97 %	3 %
2	<i>Lid</i> (tutup wadah)	<i>Paper, aluminium foil</i> dan <i>Low Density</i> <i>Polyethylene</i> (LDPE)	100 %	-
3	<i>Filter</i> (penyaring)	<i>Polypropylene</i>	97 %	3 %

4.1.2.3. *Life Cycle Inventory* (LCI) Kemasan Nissin Newdles 77 gr (*Polystyrene*)

Proses produksi kemasan Nissin Newdles 77 gr (*polystyrene*) terdiri atas dua proses produksi yaitu proses produksi *cup* (wadah) dan *lid* (tutup wadah). Sebuah jurnal, dengan judul “*Rekayasa Mesin Thermoforming Vaccum*” oleh Nusyirwan (2007), mengkompilasi sebuah *inventory* dari proses *plastic moulding thermoforming*. Pada gambar 4.1 menjelaskan aliran proses produksi *plastic moulding thermoforming* pada Kemasan Nissin Newdles 77 gr (*Polystyrene*) sebagai berikut :



Gambar 4.3. Diagram Proses Produksi Kemasan Nissin Newdles 77 gr
(Polystyrene)

a. Proses Pembuatan Cup

1. Polystyrene sheet (lembaran polystyrene)

Proses pembentukan lembaran plastik untuk jenis termoplastik ini dapat dibagi dalam tiga tahap sebagai berikut

a. Proses Pelunakan.

Dilakukan dengan cara pemanasan bahan (lembaran plastik) pada cetakan sampai suhu tertentu untuk proses pembentukan.

b. Proses Pembentukan

Dilakukan dengan pem-vakuman ruang cetakan yang telah disiapkan. Salah satu daya tarik vakum adalah tidak diperlukannya tekanan tinggi sehingga cetakan tidak perlu kuat.

c. Proses Pengerasan

Proses pengerasan plastik dilakukan didalam cetakan pada temperatur tekanan, dan waktu tertentu agar plastik yang dicetak tidak kembali mengalami perubahan bentuk.

2. *Thermoforming Moulding*

Bahan termoplastik berupa lembaran dipanaskan lalu dibentuk dengan mengurangi tekanan udara, Lembaran plastik setebal 0,025 sampai 6,5 mm diklem, pemanas di dekatkan sampai plastik melunak, lalu pemanas dijauhkan, dilakukan Vakum. Bila lembaran agak tebal pemanasan dilakukan dari dua sisi. Salah satu daya tarik forming vakum ialah tidak diperlukannya tekanan tinggi hingga cetakan tidak usah kuat, bila pendinginan dituntut, dapat menggunakan Aluminium karena mudah dibentuk, daya hantar panas baik, mudah dipoles serta awet.

3. *Forming Pressure*

Proses pembentukan dengan metode tekan dilakukan dengan memberikan tekanan pada lembaran *polystyrene* pada ruang cetakan yang akan mencetak lembaran *polystyrene* panas yang sehingga lembaran *polystyrene* akan terbentuk/ tercetak sesuai dengan bentuk cetakan yang digunakan.

4. *Cutting*

Pemotongan dilakukan untuk memisahkan antara hasil cetakan dengan lembaran dan sisa dari hasil pemotongan akan digulung kembali untuk kembali dilebur menjadi *resin*.

b. Proses Pembuatan Lid (Tutup Wadah)

Proses pembuatan lid (tutup wadah) ini dapat dibagi dalam beberapa tahap yaitu :

1. High Density Polyethylene (HDPE) sheet

Proses pembentukan lembaran plastik untuk jenis termoplastik ini dapat dibagi dalam tiga tahap sebagai berikut

a. Proses Pelunakan.

Dilakukan dengan cara pemanasan bahan (lembaran plastik) pada cetakan sampai suhu tertentu untuk proses pembentukan.

b. Proses Pembentukan

Dilakukan dengan pem-vakuman ruang cetakan yang telah disiapkan. Salah satu daya tarik vakum adalah tidak diperlukannya tekanan tinggi sehingga cetakan tidak perlu kuat.

c. Proses Pengerasan

Proses pengerasan plastik dilakukan didalam cetakan pada temperatur tekanan, dan waktu tertentu agar plastik yang dicetak tidak kembali mengalami perubahan bentuk.

2. Thermoforming Moulding

Bahan termoplastik berupa lembaran dipanaskan lalu dibentuk dengan mengurangi tekanan udara, Lembaran plastik setebal 0,025 sampai 6,5 mm diklem, pemanas di dekatkan sampai plastik melunak, lalu pemanas dijauhkan, dilakukan Vakum. Bila lembaran agak tebal pemanasan dilakukan dari dua sisi. Salah satu daya tarik forming vakum ialah tidak diperlukannya tekanan tinggi hingga cetakan tidak usah kuat, bila pendinginan dituntut, dapat menggunakan Aluminium karena mudah dibentuk, daya hantar panas baik, mudah dipoles serta awet.

3. Forming Vacuum

Pemvakuman dilakukan dengan mengisap udara pada vakum box yang berakibat akan terjadinya kondisi vakum pada ruang cetakan yang akan mengisap/ mencetak lembaran plastik panas yang diklem pada cetakan

sehingga lembaran plastik akan terbentuk/ tercetak sesuai dengan bentuk cetakan yang digunakan.

4. *Cutting*

Pemotongan dilakukan untuk memisahkan antara hasil cetakan dengan lembaran dan sisa dari hasil pemotongan akan digulung kembali untuk kembali dilebur menjadi *resin*.

2. Data yang Digunakan dalam *Software Sima Pro*

Material dan proses manufaktur untuk setiap komponen diidentifikasi dengan menggunakan perangkat lunak *Sima Pro*. Perangkat lunak ini secara otomatis akan mengidentifikasi emisi, energi yang digunakan dan dampak lingkungan yang terkait dengan materi dan proses pembuatan komponen yang sedang dipilih. Hal ini dilakukan sesuai *database* yang terkait dengan bahan dan proses dalam industri yang sedang diteliti. Adapun komponen data jenis material *database Sima Pro* dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Jenis Material *Databased Sima Pro*

No.	Komponen (<i>Part</i>)	Jenis Material
1	<i>Cup</i> (wadah)	<i>Polystyrene Thermoforming E</i>
2	<i>Lid</i> (Tutup Wadah)	<i>HDE Resin E</i>

Selain jenis material yang digunakan dalam *databased simapro*, proses manufaktur dari produk yang diteliti yaitu kemasan Nissin Newdles 77 gr (*Polystyrene*) juga tersaji dalam *databased simapro* dan dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.9 Proses Manufaktur *Databased Sima Pro*

No.	Komponen (<i>Part</i>)	Jenis Material	Proses Manufaktur
1	<i>Cup</i> (wadah)	<i>Polystyrene</i>	<i>Thermoforming with calendaring/RER S</i>
2	<i>Lis</i> (Tutup Wadah)	<i>High Density Polyethylene (HDPE)</i>	<i>Thermoforming with calendaring/RER S</i>

3. Skenario Limbah (*Waste Scenario*) kemasan Nissin Newdles 77 gr (*Polystyrene*)

Pada tahap akhir dari penggunaan kemasan Nissin Newdles 77 gr (*Polystyrene*) terdiri atas dua komponen yaitu *cup* (wadah) dan *lid* (tutup wadah). Pada *cup* (wadah) dengan jenis material *polystyrene* tidak terjadinya proses *recycle* (daur ulang). ini disebabkan tidak adanya suatu tempat pengolahan yang dapat mendaur ulang jenis plastik *polystyrene* diwilayah Riau, sehingga tidak adanya kegiatan pemungutan oleh pemulung ataupun pengepul dari limbah kemasan jenis *polystyrene*. jadi bisa dikatakan bahwa persentase pembuangan limbah atau cemaran terhadap lingkungan sebesar 100%. Untuk *lid* (tutup wadah) dengan jenis material *High Density Polyethylene (HDPE)* tidak terjadinya proses *recycle* (daur ulang). sehingga tidak adanya kegiatan pemungutan oleh pemulung ataupun pengepul. jadi bisa dikatakan bahwa persentase pembuangan limbah atau cemaran terhadap lingkungan.

Tabel 4.10 Persentase Skenario Limbah (*Waste Scenario*)

No.	Komponen (Part)	Jenis Material	Persentase Pembuangan ke TPA	Persentase Daur Ulang
1	<i>Cup</i> (wadah)	<i>Polystyrene</i>	100	-
2	<i>Lid</i> (Tutup Wadah)	<i>High Density Polyethylene (HDPE)</i>	100	-

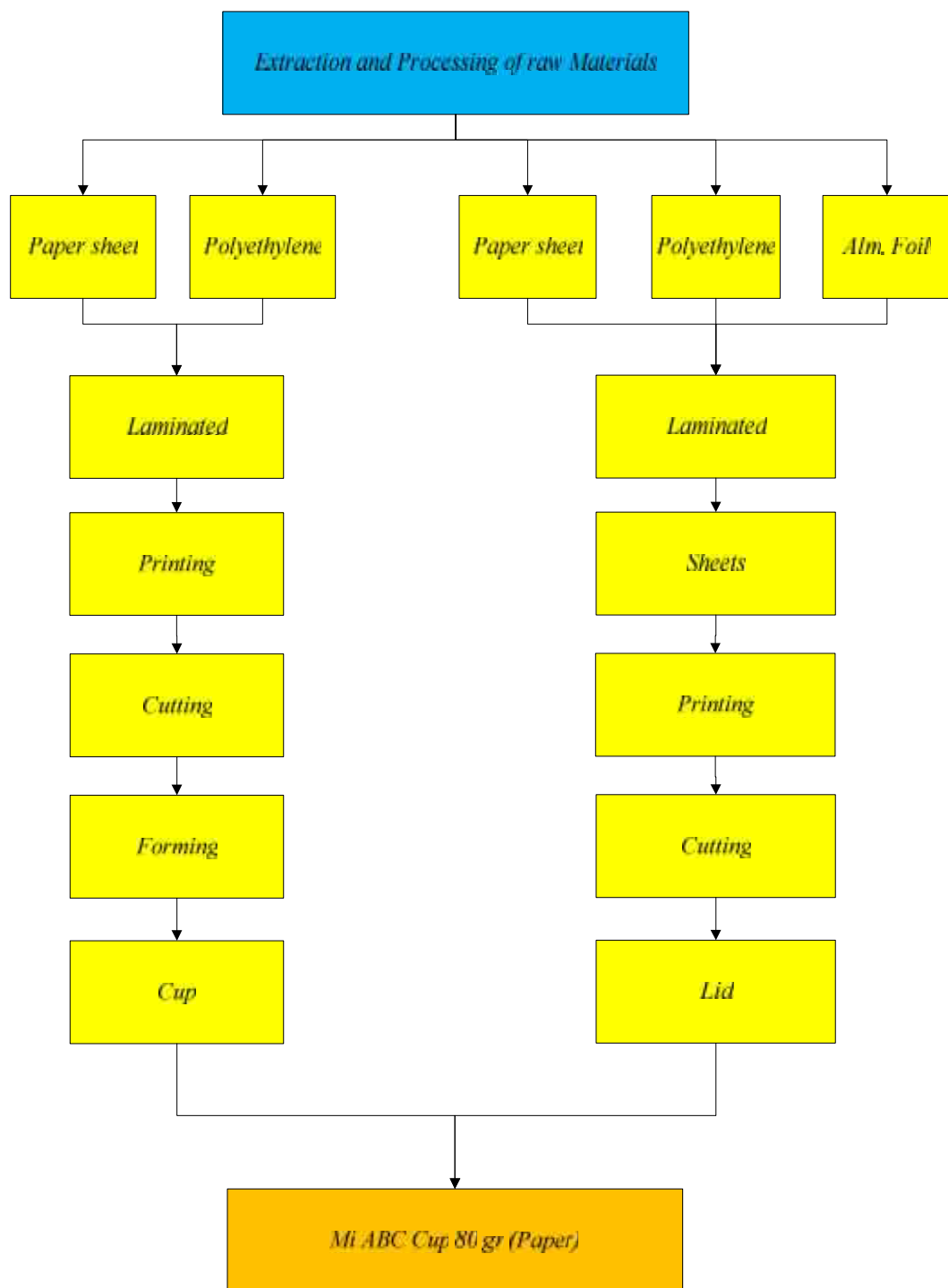
4.1.2.4. *Life Cycle Inventory (LCI) Kemasan Mi ABC Cup 80 gr (Paper)*

Siklus hidup kemasan Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*), diawali dengan proses produksi kemasan, kemudian kemasan yang telah selesai diproduksi digunakan untuk mengemas produk yaitu mie instant. Produk tersebut akan disalurkan kekonsumen melalui distributor dan konsumen akan memanfaatkan produk tersebut sehingga menimbulkan limbah kemasan yang berpotensi mencemari lingkungan. Pencemaran tersebut dapat terjadi karena kemasan *polystyrene* tidak dapat didaur ulang oleh lingkungan.

Analisis *inventory* dilakukan pada tahap proses produksi kemasan Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*) yang meliputi bahan baku dan *energy* yang dibutuhkan proses produksi serta *output* yang dihasilkan dari proses produksi kemasan serta cemaran lingkungan dari limbah kemasan terhadap lingkungan.

1. Proses Produksi kemasan Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*)

Proses produksi kemasan Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*) terdiri atas dua proses produksi yaitu proses produksi *cup* (wadah) dan *lid* (tutup wadah). Pada gambar 4.4 menjelaskan aliran proses produksi produksi kemasan Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*) dari bahan baku hingga bahan jadi.



Gambar 4.4. Diagram Proses kemasan Mi ABC Cup 80 gr (Paper)

a. Proses Pembuatan *Cup*

1. *Laminated*

Satu sisi bagian lembaran kertas dilapisi dengan *polyethylene* dengan tahapan pemanasan pada roller dan selanjutnya kertas dan *polyethylene* diberikan tekanan sehingga menyatukan kertas dan *polyethylene* yang kemudian dimuat ke percetakan untuk memproduksi gambar yang diinginkan di atas kertas.

2. *Printing*

Lembaran kertas yang telah dilaminasi akan masuk pada proses selanjutnya yaitu proses mencetak disain sesuai dengan apa yang diinginkan.

3. *Cutting*

Kertas yang telah dicetak akan dipotong sesuai dengan bentuk yang telah didisain dimana nantinya bentuk yang diharapkan bentuk silinder berupa cup dengan diameter atas lebih besar dibandingkan bawah.

4. *Forming*

Proses pembentukan dalam beberapa tahap, yaitu:

- a. Pertama, hasil potongan kemudian secara otomatis ditransfer pada perekat, dalam tahap ini kertas kosong pada satu sisi akan direkatkan untuk membentuk kerucut berbentuk cangkir kertas.
- b. Kedua, pada tahap ini cangkir kertas yang telah berbentuk kerucut akan disatukan dengan alas cangkir kertas. Dengan mendorong alas kedasar cangkir kertas.
- c. Ketiga, alas cangkir yang telah berada didasar cangkir akan direkatkan dengan cara pemanasan dan penekanan.
- d. Keempat, Lingkar tepi kertas atas akan ditekuk dengan mendorong cangkir bawah dengan tekanan sehingga pembentukan bibir terjadi.

b. Proses Pembuatan *Lid* (Tutup Wadah)

1. *Laminated*

Satu sisi bagian lembaran kertas dilapisi dengan *aluminium foil* dan *Low Density Polyethylene* (LDPE) dengan tahapan pemanasan pada roller dan selanjutnya ketiga bahan tersebut diberikan tekanan sehingga menyatu yang kemudian dimuat ke percetakan untuk memproduksi gambar yang diinginkan di atas kertas.

2. *Printing*

Lembaran kertas yang telah dilaminasi akan masuk pada proses selanjutnya yaitu proses mencetak disain sesuai dengan apa yang diinginkan.

3. *Cutting*

Kertas yang telah dicetak akan dipotong sesuai dengan bentuk yang telah didisain dimana nantinya bentuk yang diharapkan bentuk silinder berupa cup dengan diameter atas lebih besar dibandingkan bawah.

2. Data yang Digunakan dalam *Software Sima Pro*

Material dan proses manufaktur untuk setiap komponen diidentifikasi dengan menggunakan perangkat lunak *Sima Pro*. Perangkat lunak ini secara otomatis akan mengidentifikasi emisi, energi yang digunakan dan dampak lingkungan yang terkait dengan materi dan proses pembuatan komponen yang sedang dipilih. Hal ini dilakukan sesuai *database* yang terkait dengan bahan dan proses dalam industri yang sedang diteliti. Adapun komponen data jenis material *database* *Sima Pro* dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Jenis Material *Databased Sima Pro*

No.	Komponen (Part)	Jenis Material
1	<i>Cup</i> (wadah)	<i>Kraft paper</i>
2	<i>Lid</i> (tutup kemasan)	<i>Alumunium sheet,</i> <i>Kraft paper,</i> <i>LDPE Resin E</i>

Selain jenis material yang digunakan dalam *databased simapro*, proses manufaktur dari produk yang diteliti yaitu kemasan Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*) juga tersaji dalam *databased simapro* dan dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.12 Proses Manufaktur *Databased Sima Pro*

No.	Komponen (<i>Part</i>)	Jenis Material	Proses Manufaktur
1	<i>Cup</i> (wadah)	<i>Paper</i>	<i>Calendering, rigid sheets/RER S</i>
2	<i>Lid</i> (tutup wadah)	<i>Paper, aluminium foil dan LDPE</i>	<i>Calendering, rigid sheets/RER S</i>

3. Skenario Limbah (*Waste Scenario*) Kemasan Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*)

Sima Pro memiliki permodelan akhir fase kehidupan. Dalam skenario limbah, aliran limbah dibagi dalam limbah yang berbeda jenis. Pada tahap akhir dari penggunaan kemasan Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*) terdiri atas dua komponen yaitu *cup* (wadah) dan *lid* (tutup wadah). Pada *cup* (wadah) dengan jenis material *paper* tidak terjadinya proses *recycle* (daur ulang), sehingga tidak adanya kegiatan pemungutan oleh pemulung ataupun pengepul dari limbah kemasan jenis ini. jadi bisa dikatakan bahwa persentase pembuangan limbah atau cemaran terhadap lingkungan sebesar 100%. Untuk *lid* (tutup wadah) dengan penyatuan berbagai bahan seperti *paper*, *aluminium foil*, dan *Low Density Polyethylene* (LDPE) tidak terjadinya proses *recycle* (daur ulang). sehingga tidak adanya kegiatan pemungutan oleh pemulung ataupun pengepul. jadi bisa dikatakan bahwa persentase pembuangan limbah atau cemaran terhadap lingkungan sebesar 100%.

Tabel 4.13 Persentase Skenario Limbah (*Waste Scenario*)

No.	Komponen (<i>Part</i>)	Jenis Material	Persentase Pembuangan ke TPA	Persentase Daur Ulang
1	<i>Cup</i> (wadah)	<i>Paper</i>	100	-
2	<i>Lid</i> (Tutup wadah)	<i>Paper, aluminium foil dan Low Density Polyethylene</i> (LDPE)	100	-

4.2. Pengolahan Data

4.2.1 *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*

Setelah *Life Cycle Inventory* (LCI) telah dikumpulkan untuk setiap kemasan, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA). Jumlah keseluruhan dari limbah dan emisi, dan material dan energi persyaratan baku harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan potensi efek terhadap lingkungan. Setelah *input* dan *output* dari sistem telah diukur oleh *Life Cycle Inventory* (LCI), penilaian dampak lingkungan dapat dilakukan.

Pada penelitian ini penilaian dampak lingkungan dilakukan dengan *software Sima Pro* dan metode yang digunakan adalah Eco-Indicator 99, adapun kategori dampak yang dinilai dengan menggunakan metode Eco-Indicator 99 yaitu:

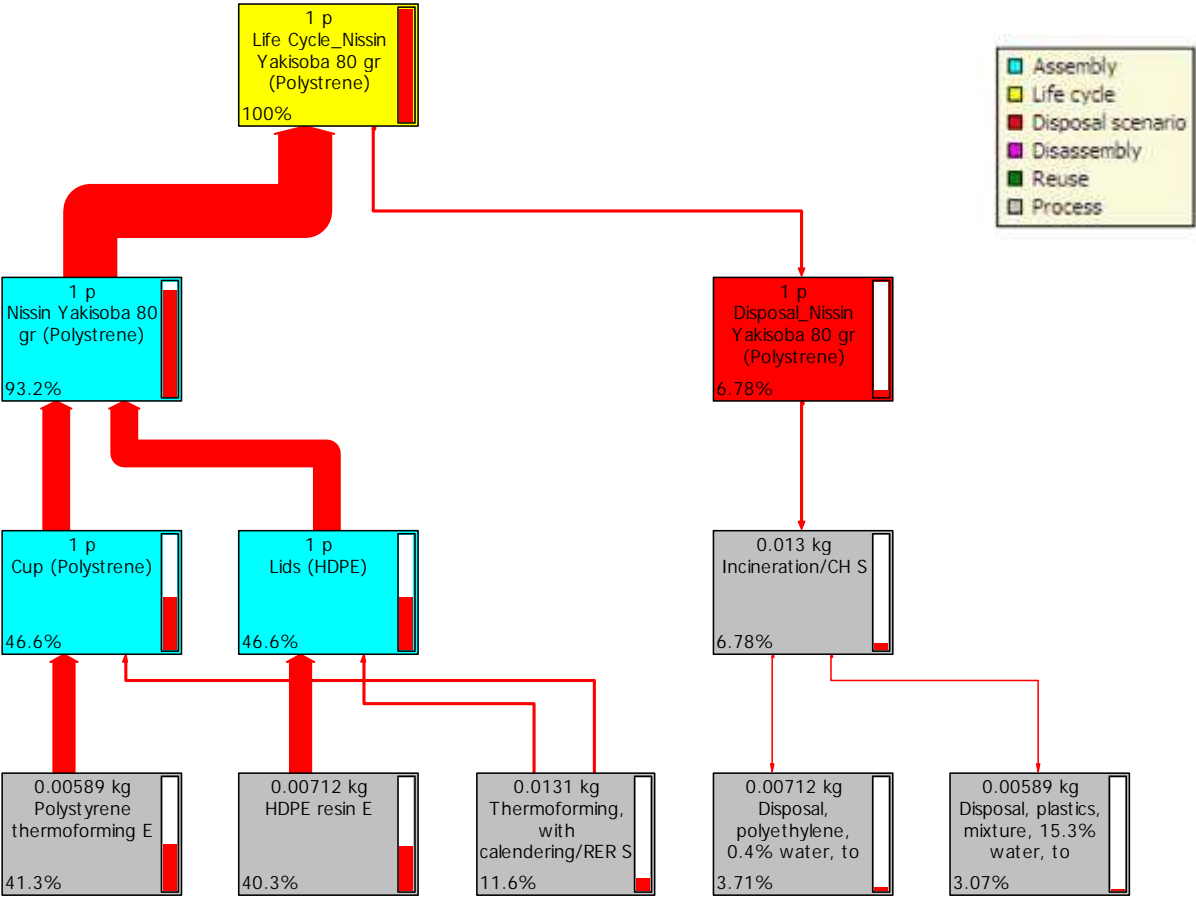
1. *Climate change (Emissions to air like hydrocarbons, carbon dioxide, methane, etc.)*
2. *Carcinogens (Arsenic, Benzene, Cadmium, Heavy metals etc.)*
3. *Respiratory inorganics (Emissions to air, SO₂, NO_x)*
4. *Fossil fuels*
5. *Respiratory organics (Emissions to air, all kind of organics)*
6. *Ozone layer (Ozone depletion potential)*
7. *Ecotoxicity (Emission to water, air and soil)*
8. *Acidification/Eutrophication (Emissions to air, Nitrogen, Ammonia etc.)*
9. *Land use*
10. *Minerals (Aluminum, Iron, Lead, Copper etc.)*
11. *Radiation*

4.2.1.1. *Life Cycle Flowchart*

Data *Life Cycle Inventory* (LCI) yang terkumpul dimasukkan ke dalam *software Sima Pro* untuk dapat menilai dampak lingkungan dari produk yang diteliti. Pada *software Sima Pro* produk didefinisikan dalam bentuk *flowchart* (diagram alir) yang berisikan daftar komponen, bahan, proses produksi dan

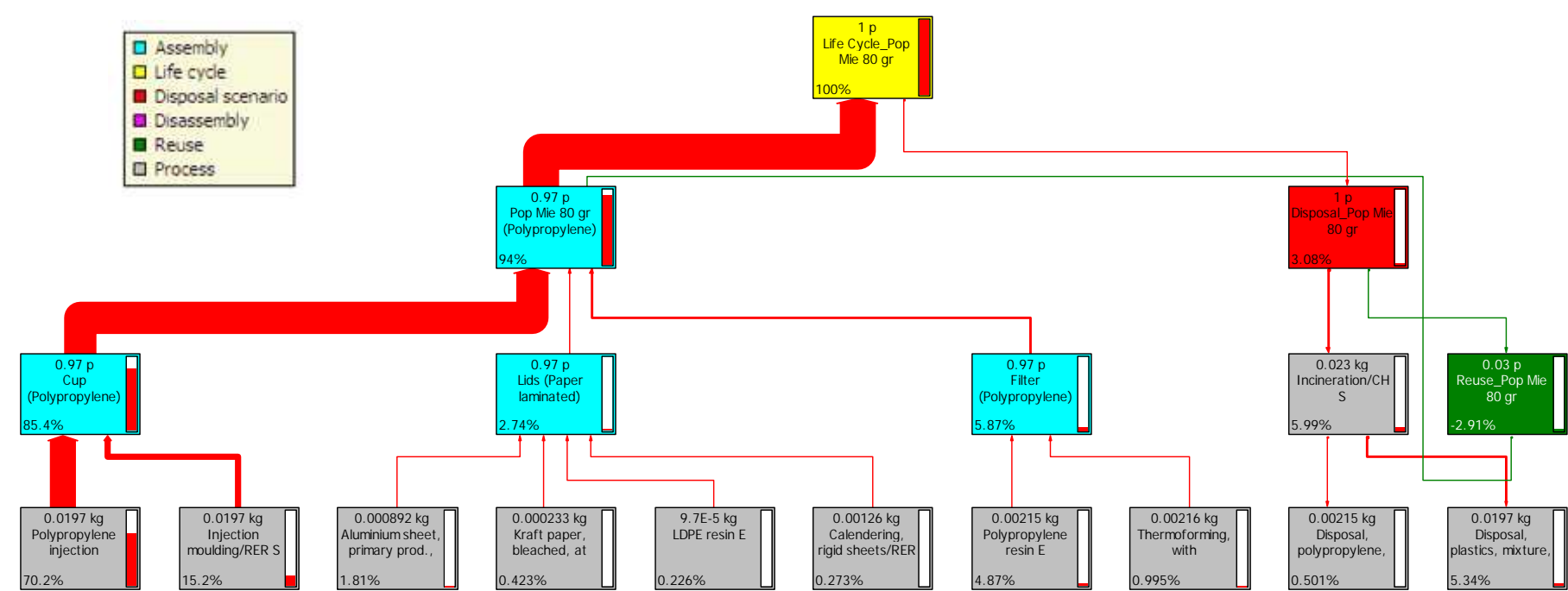
kemudian dihubungkan dengan penggunaan dan skenario pembuangan limbah untuk menghasilkan seluruh hidup siklus produk untuk masing-masing kemasan produk. Adapun *flowchart* (diagram alir) siklus kemasan yang dihasilkan dengan menggunakan perangkat lunak Sima Pro untuk kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystyrene*) dapat dilihat pada gambar 4.5, Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*) pada gambar 4.6, Nissin Newdles 77 gr (*Polystyrene*) pada gambar 4.7, dan Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*) pada gambar 4.8.

1. *Life Cycle Flowchart* untuk Kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystyrene*)



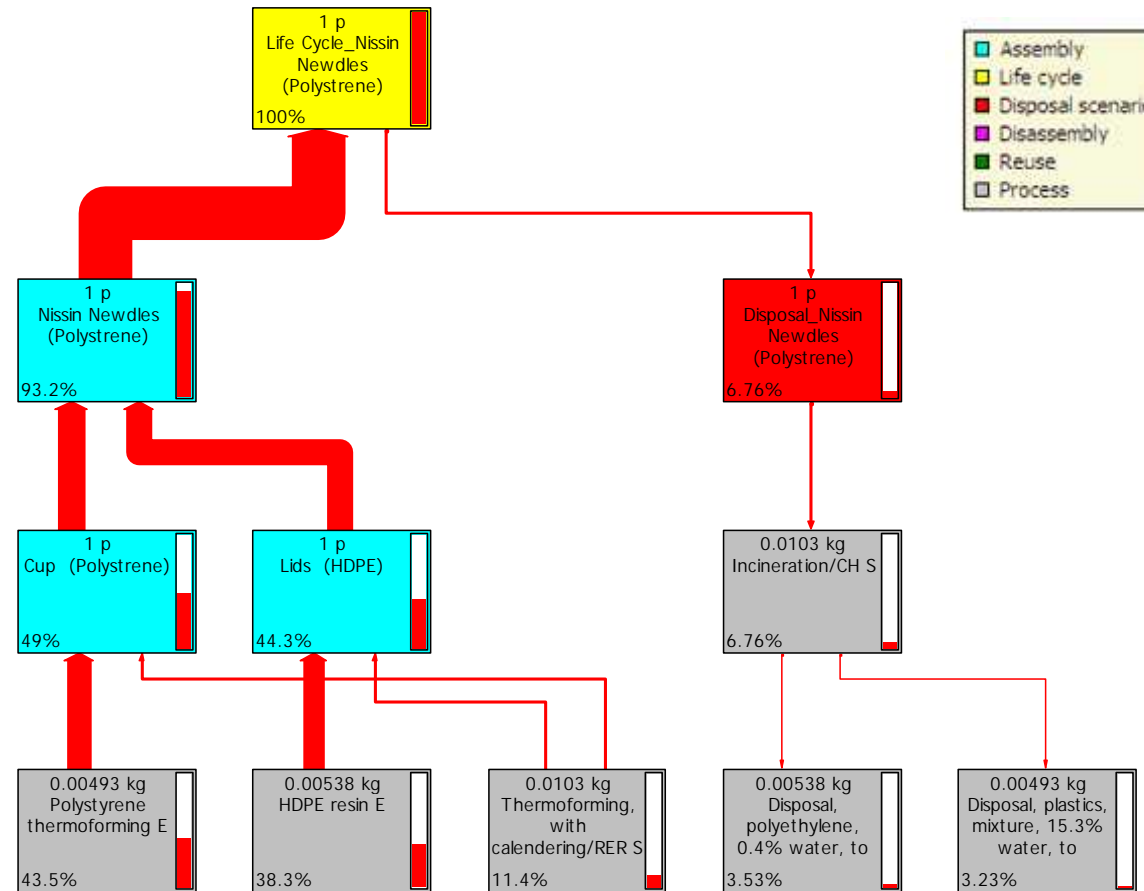
Gambar 4.5. *Flowchart* Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystyrene*)

2. Life Cycle Flowchart untuk Kemasan Pop Mie 80 gr (Polypropylene)



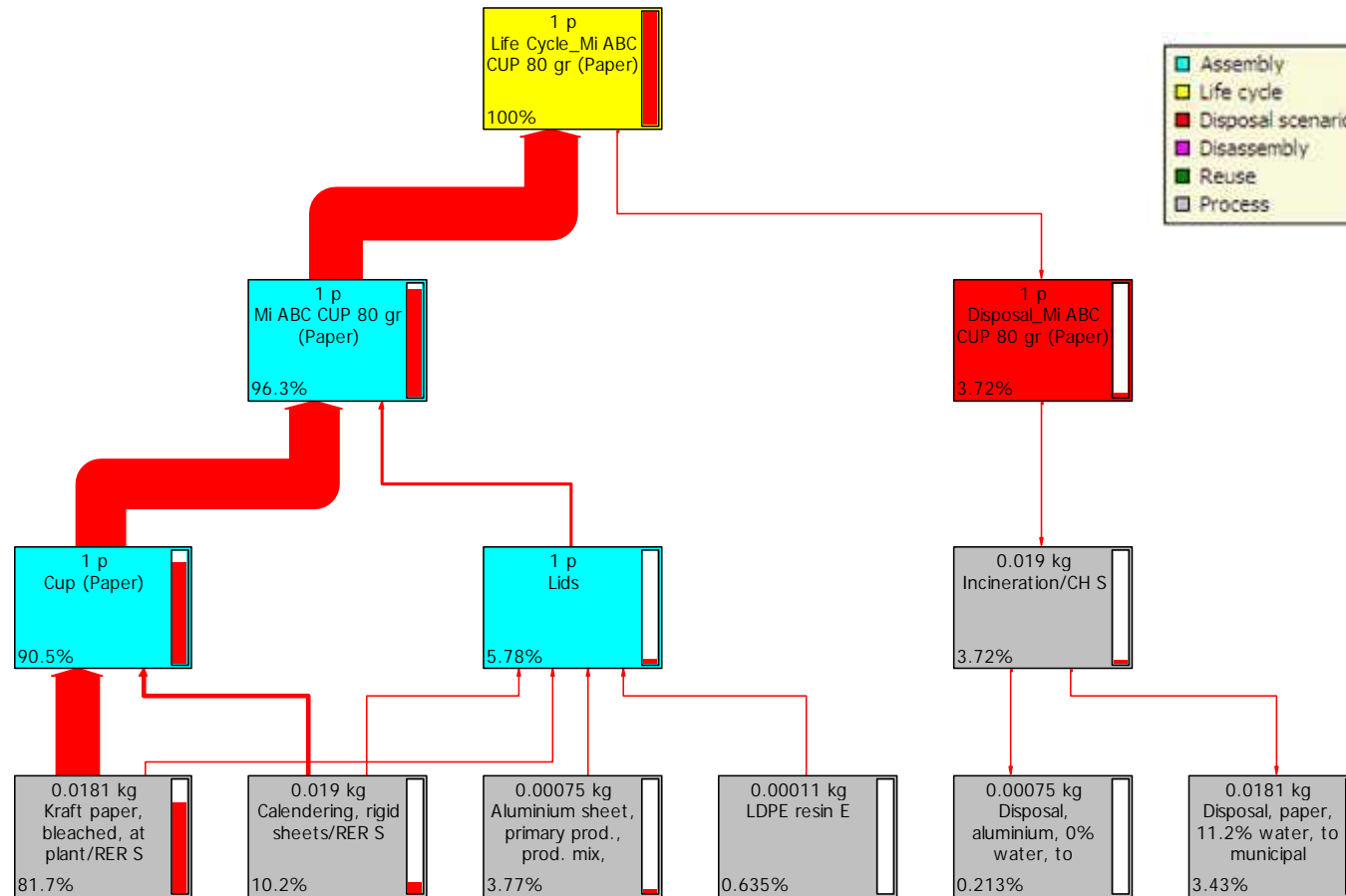
Gambar 4.6. Flowchart Pop Mie 80 gr (Polypropylene)

3. Life Cycle Flowchart untuk Kemasan Nissin Newdles 77 gr (Polystyrene)



Gambar 4.7. Flowchart Nissin Newdles 77 gr (Polystyrene)

4. Life Cycle Impact Assessment (LCIA) untuk Kemasan Mi ABC Cup 80 gr (Paper)



Gambar 4.8 Flowchart Mi ABC Cup 80 gr (Paper)

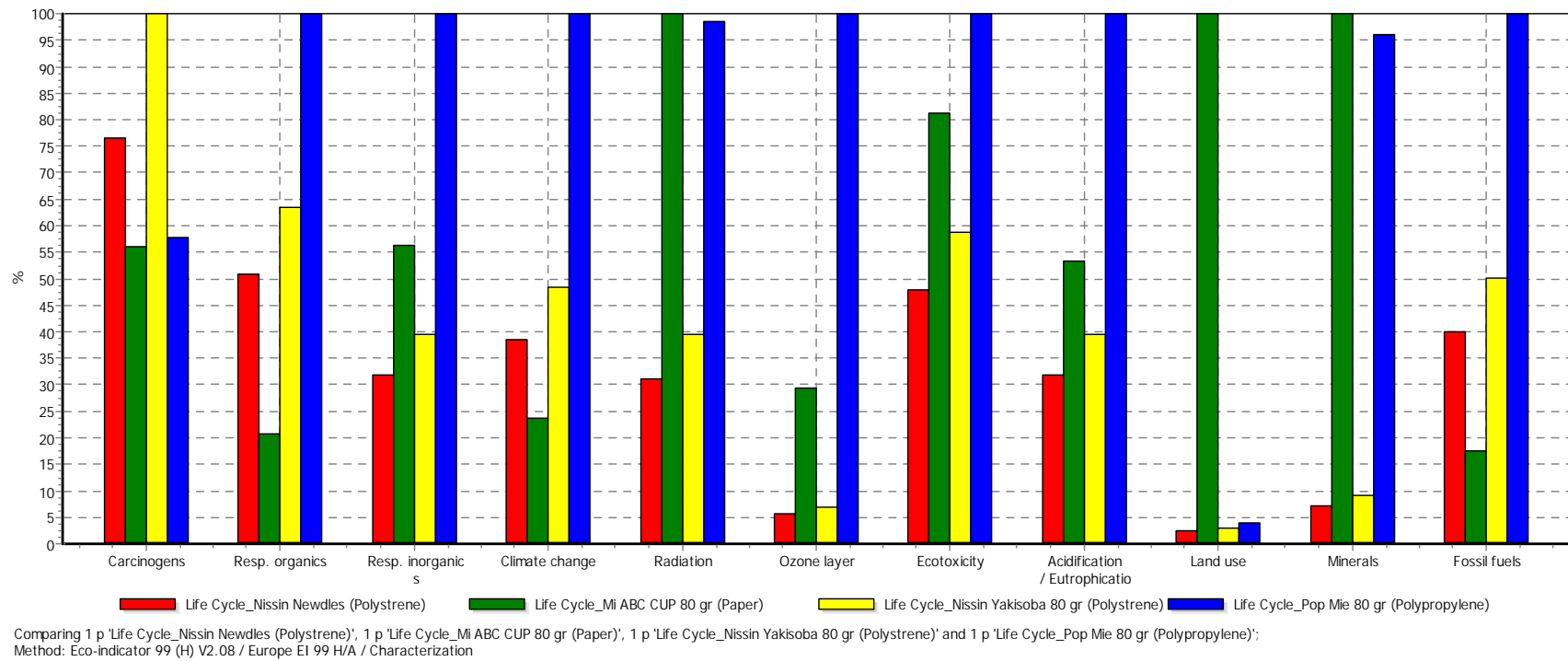
4.2.1.2. Characterization

Dengan menggunakan Eco-Indicator 99, dampak lingkungan yang dihitung dari hasil inventarisasi dan dikategorikan ke dalam berbagai kelas misalnya. karsinogen, organik dan anorganik pernapasan, perubahan iklim, radition, lapisan ozon , *ecotoxicity*, pengasaman / eutrofikasi, penggunaan lahan, mineral dan bahan bakar fosil. Pada tahap karakterisasi dilakukan perhitungan antara setiap hasil *inventory* dengan faktor karakterisasi yang sesuai pada kategori tersebut, dan kemudian diperhitungan diolah untuk menghasilkan sebuah skor. Seluruh siklus hidup dari empat jenis produk akan diperoleh kontribusi (dalam persentase) dimana untuk setiap kategori dampak masing-masing kemasan produk bisa dilihat pada tabel 4.14.

Dampak lingkungan dalam gambar 4.9 digambarkan dalam bentuk grafik dimana , mie instan cup Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystyrene*) berupa bar berwarna kuning, mie instan cup Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*)) berupa bar berwarna biru, Nissin Newdles 80 gr (*Polystyrene*) berupa bar berwarna merah, dan mie instan cup Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*) berupa bar berwarna merah.

Tabel 4.14. Perbandingan *Characterization* LCA Setiap Produk

Impact Category	Unit	Life Cycle_Nissin Newdles (Polystrene)	Life Cycle_Mi ABC CUP 80 gr (Paper)	Life Cycle_Nissin Yakisoba 80 gr (Polystrene)	Life Cycle_Pop Mie 80 gr (Polypropylene)
Carcinogens	DALY	1.46E-08	1.07E-08	1.91E-08	1.1E-08
Resp. organics	DALY	8.16E-11	3.32E-11	1.02E-10	1.61E-10
Resp. inorganics	DALY	1.86E-08	3.28E-08	2.31E-08	5.83E-08
Climate change	DALY	1.4E-08	8.61E-09	1.75E-08	3.63E-08
Radiation	DALY	9.77E-11	3.15E-10	1.24E-10	3.1E-10
Ozone layer	DALY	7.62E-13	3.94E-12	9.44E-13	1.34E-11
Ecotoxicity	PAF*m2yr	0.007138	0.012108	0.008745	0.014888
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	0.000559	0.000937	0.000693	0.001756
Land use	PDF*m2yr	0.000529	0.02217	0.000673	0.000872
Minerals	MJ surplus	0.000208	0.002857	0.00026	0.002744
Fossil fuels	MJ surplus	0.137244	0.060463	0.171949	0.343181



Gambar 4.9. Grafik Perbandingan *Characterization* Setiap Produk

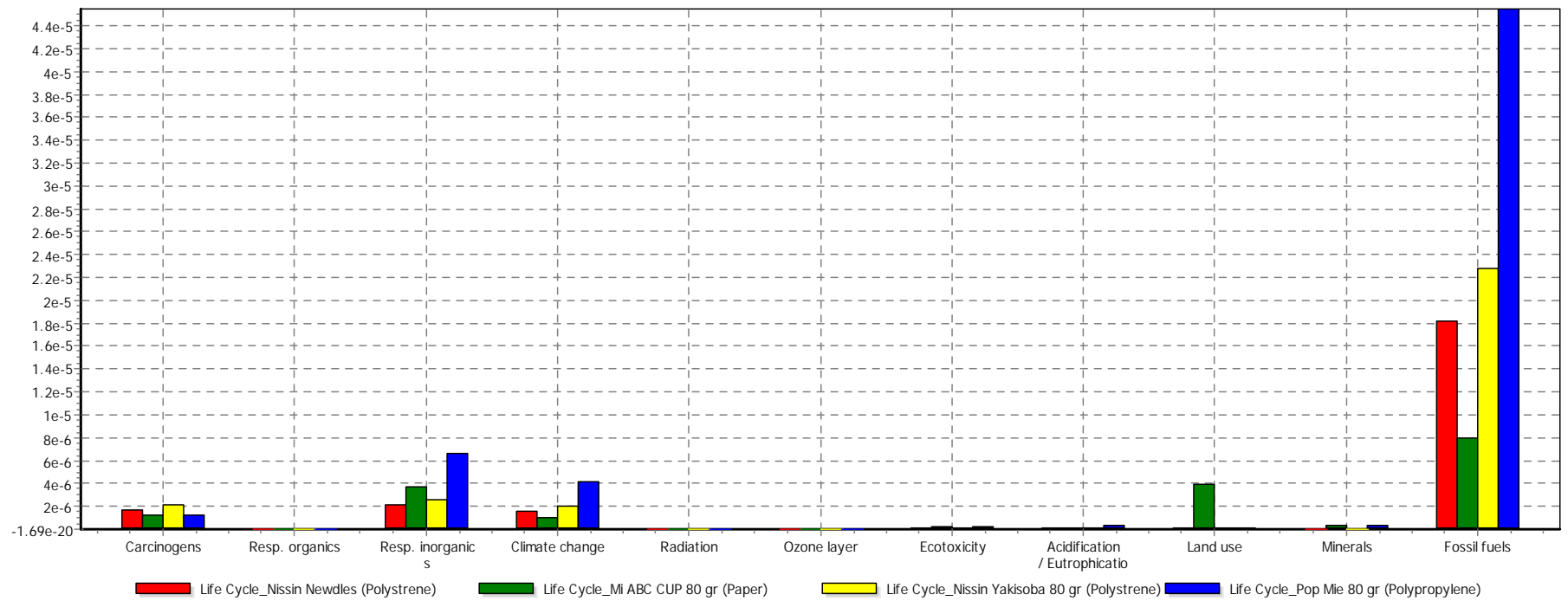
4.2.1.3. Normalization

Eco-indicator 99 menormalkan hasil menggunakan parameter. Oleh karena itu normalisasi mengungkapkan efek yang besar atau kecil secara persentase. Kontribusi relatif dari kerusakan dihitung terhadap total kerusakan yang disebabkan melalui normalisasi

Data yang telah didapat akan dinormalisasi dan kemudian dibobot dengan menggunakan faktor pembobotan dari metodologi yang digunakan. Setelah tahap normalisasi, semua hasil dari *impact category indicator* akan menghasilkan satuan yang sama (per tahun), yang memudahkan dalam membandingkannya. Efek normalisasi skor adalah persentase iuran tahunan suatu produk tertentu untuk efek yang di daerah tertentu, Normalisasi dapat diaplikasikan pada hasil dari tahap *characterization*. Gambar 4.8 diperoleh hasil normalisasi dan digambarkan dengan grafik pada setiap kemasan dan ditabulasikan pada tabel 4.15.

Tabel 4.15. Perbandingan *Normalization* Setiap Produk

Impact category	Unit	Life Cycle_Nissin Newdles 77 gr (Polystrene)	Life Cycle_Mi ABC CUP 80 gr (Paper)	Life cycle Nissin Yakisoba 80 gr (Polystrene)	Life Cycle Pop Mie 80 gr (Polypropylene)
Carcinogens		1.67E-06	1.22E-06	2.18E-06	1.26E-06
Resp. organics		9.32E-09	3.79E-09	1.16E-08	1.83E-08
Resp. inorganics		2.12E-06	3.74E-06	2.63E-06	6.65E-06
Climate change		1.59E-06	9.83E-07	2E-06	4.14E-06
Radiation		1.11E-08	3.6E-08	1.42E-08	3.54E-08
Ozone layer		8.69E-11	4.49E-10	1.08E-10	1.53E-09
Ecotoxicity		1.25E-07	2.12E-07	1.53E-07	2.6E-07
Acidification/ Eutrophication		9.77E-08	1.64E-07	1.21E-07	3.07E-07
Land use		9.24E-08	3.88E-06	1.18E-07	1.52E-07
Minerals		2.75E-08	3.79E-07	3.45E-08	3.64E-07
Fossil fuels		1.82E-05	8.01E-06	2.28E-05	4.55E-05



Comparing 1 p 'Life Cycle_Nissin Newdles (Polystrene)', 1 p 'Life Cycle_Mi ABC CUP 80 gr (Paper)', 1 p 'Life Cycle_Nissin Yakisoba 80 gr (Polystrene)' and 1 p 'Life Cycle_Pop Mie 80 gr (Polypropylene)';
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/A / Normalization

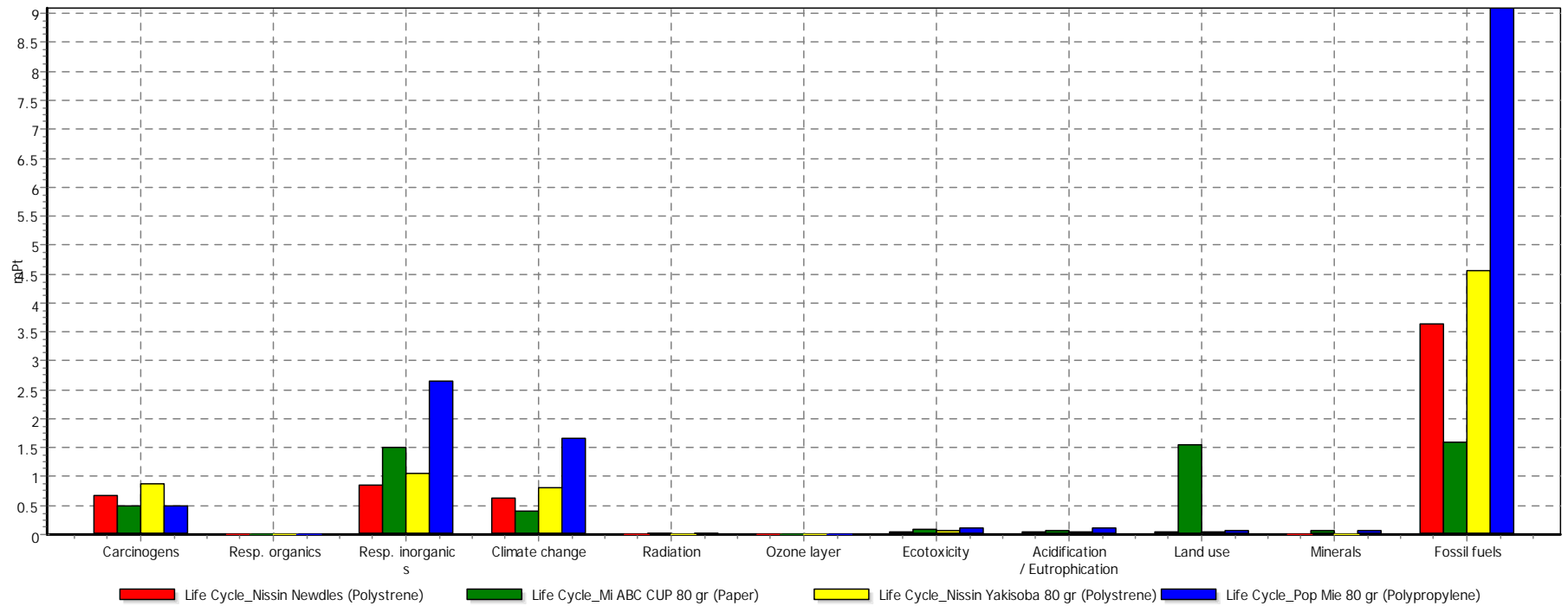
Gambar 4.10. Grafik Perbandingan *Normalization* Setiap Produk

4.2.1.4. Weighting

Langkah pembobotan juga disebut sebagai penilaian dari *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) memberikan bobot atau nilai relatif terhadap kategori dampak yang berbeda berdasarkan kepentingan yang relevan. Pada tabel 4.16 merupakan *output* dari pembobotan setiap *impact category* dan juga ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar 4.11.

Tabel 4.16. Perbandingan *Weighting* Setiap Produk

Impact category	Unit	Life Cycle_Nissin Newdles (Polystrene)	Life Cycle_Mi ABC CUP 80 gr (Paper)	Life Cycle_Nissin Yakisoba 80 gr (Polystrene)	Life Cycle_Pop Mie 80 gr (Polypropylene)
Total	Pt	0.005929	0.005773	0.007456	0.014297
Carcinogens	Pt	0.000666	0.000488	0.000871	0.000503
Resp. organics	Pt	3.73E-06	1.52E-06	4.66E-06	7.33E-06
Resp. inorganics	Pt	0.000848	0.001497	0.001054	0.002659
Climate change	Pt	0.000638	0.000393	0.0008	0.001658
Radiation	Pt	4.46E-06	1.44E-05	5.67E-06	1.42E-05
Ozone layer	Pt	3.48E-08	1.8E-07	4.31E-08	6.12E-07
Ecotoxicity	Pt	4.99E-05	8.47E-05	6.11E-05	0.000104
Acidification/ Eutrophication	Pt	3.91E-05	6.55E-05	4.85E-05	0.000123
Land use	Pt	3.7E-05	0.00155	4.7E-05	6.09E-05
Minerals	Pt	5.5E-06	7.57E-05	6.9E-06	7.27E-05
Fossil fuels	Pt	0.003637	0.001602	0.004557	0.009094



Comparing 1 p 'Life Cycle_Nissin Newdles (Polystrene)', 1 p 'Life Cycle_Mi ABC CUP 80 gr (Paper)', 1 p 'Life Cycle_Nissin Yakisoba 80 gr (Polystrene)' and 1 p 'Life Cycle_Pop Mie 80 gr (Polypropylene)';
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/A / Weighting

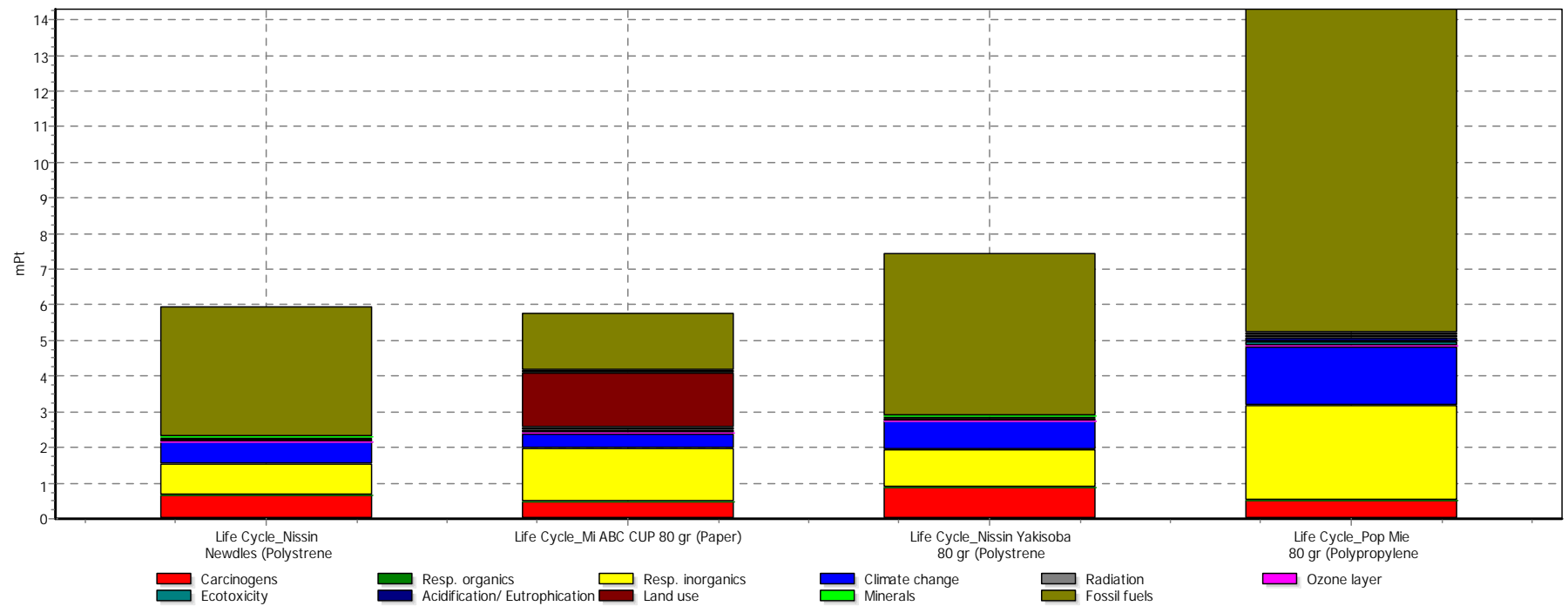
Gambar 4.11. Grafik Perbandingan *Weighting* Setiap Produk

4.2.1.5. Single Score

Pada tahap terakhir, *software* ini digunakan untuk menjumlahkan semua nilai bobot untuk memberikan skor total dampak tunggal untuk setiap produk. *Single score* mengklasifikasikan nilai kategori *impact* berdasarkan aktivitas atau proses. Dari nilai *single score* akan terlihat aktivitas mana yang berkontribusi terhadap dampak lingkungan. *Output* dari *single score* dengan menggunakan *software* Sima Pro di tabulasikan pada tabel 4.15 dan ditunjukkan dalam bentuk grafik untuk setiap produk yang diteliti pada gambar 4.12.

Tabel 4.15. *Single Score* dari Setiap Produk

Impact category	Unit	Life Cycle Nissin Newdles (Polystrene)	Life Cycle_Mi ABC CUP 80 gr (Paper)	Life Cycle_Nissin Yakisoba 80 gr (Polystrene)	Life Cycle_Pop Mie 80 gr (Polypropylene)
Total	Pt	0.005929	0.005773	0.007456	0.014297
Carcinogens	Pt	0.000666	0.000488	0.000871	0.000503
Resp. organics	Pt	3.73E-06	1.52E-06	4.66E-06	7.33E-06
Resp. inorganics	Pt	0.000848	0.001497	0.001054	0.002659
Climate change	Pt	0.000638	0.000393	0.0008	0.001658
Radiation	Pt	4.46E-06	1.44E-05	5.67E-06	1.42E-05
Ozone layer	Pt	3.48E-08	1.8E-07	4.31E-08	6.12E-07
Ecotoxicity	Pt	4.99E-05	8.47E-05	6.11E-05	0.000104
Acidification/ Eutrophication	Pt	3.91E-05	6.55E-05	4.85E-05	0.000123
Land use	Pt	3.7E-05	0.00155	4.7E-05	6.09E-05
Minerals	Pt	5.5E-06	7.57E-05	6.9E-06	7.27E-05
Fossil fuels	Pt	0.003637	0.001602	0.004557	0.009094



Comparing 1 p 'Life Cycle_Nissin Newdles (Polystrene)', 1 p 'Life Cycle_Mi ABC CUP 80 gr (Paper)', 1 p 'Life Cycle_Nissin Yakisoba 80 gr (Polystrene)' and 1 p 'Life Cycle_Pop Mie 80 gr (Polypropylene)';
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/A / Single score

Gambar 4.12. Grafik *Single Score* dari Setiap Produk

BAB V

ANALISA

Bab ini berisikan pembahasan dan analisis hasil dan pengolahan data. Analisis akan membahas perhitungan potensi dampak lingkungan dari setiap indikator. Analisis dari setiap dampak akan dilakukan untuk melihat seberapa besar ancaman lingkungan yang berpotensi untuk dibandingkan dengan yang dampak lainnya.

5.1 *Analisa Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*

5.1.1 *Analisa Life Cycle Flowchart*

Life cycle flowchart menunjukkan semua aliran proses yang terdiri dari beberapa proses yang dapat menimbulkan dampak ke lingkungan, yaitu proses input data setiap kemasan. mie instan cup Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystyrene*), mie instan cup Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*), Nissin Newdles 80 gr (*Polystyrene*), dan mie instan cup Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*). Ketebalan garis menunjukkan kepentingan relatif dari setiap langkah serta kontribusi terhadap total sistem siklus hidup. Pada setiap kotak pada tabel merupakan unit proses yang terlibat dalam siklus hidup dari item yang sedang dipertimbangkan dan kotak proses dibedakan atas beberapa warna sesuai dengan input proses sebagai contoh warna biru langit untuk perakitan, kuning untuk siklus hidup, merah untuk skenario pembuangan, merah muda untuk pembongkaran, hijau untuk daur ulang, dan abu-abu untuk proses. Analisa untuk setiap masing-masing kemasan adalah sebagai berikut:

1. *Analisa Life Cycle Flowchart* untuk Kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystyrene*)

Pada kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*polystyrene*) terdiri dari 2 *part* (komponen) yaitu *cup* (wadah) dan *lid* (tutup wadah). Pada gambar 4.5 menampilkan grafik siklus hidup dari kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*polystyrene*). Dengan memasukkan berat dari masing-masing *part*

(komponen), maka Sima Pro akan secara otomatis memberikan kontribusi dalam bentuk persen, dimana untuk *input* berat dari *cup* dengan jenis material *polystyrene* sebesar 5,89 gr dan untuk input berat dari *lid* (tutup wadah) dengan jenis material *High Density Polyethylene* (HDPE) yaitu 7,12 gr. Pada gambar 4.5 dapat dilihat kontribusi dampak pada setiap proses manufaktur dari setiap *part* (komponen) tersebut. Kontribusi dampak lingkungan dari kedua *part* (komponen) sama besar yaitu 46,6 %. Sama besarnya persentase kontribusi dampak lingkungan karena jenis material *polystyrene* dan *High Density Polyethylene* (HDPE) merupakan plastik polimer sintetis sehingga memberikan dampak terhadap lingkungan yang tidak jauh berbeda sedangkan pada proses manufaktur kontribusi terbesar terdapat pada proses manufaktur *polystyrene thermoforming* dengan dampak kontribusi sebesar 41,3%. Besarnya proses ini karena proses pembuatan *polystyrene* melepaskan senyawa *chlorofluorocarbon* (CFC) ke atmosfer yang kemudian akan mengikis lapisan ozon dan berpotensi menyebabkan *global warming* (Fadlilah, 2010).

2. *Analisa Life Cycle Flowchart untuk Kemasan Pop Mie 80 gr (Polypropylene)*

Kemasan Pop Mie 80 gr (*polypropylene*) terdapat 3 *part* (komponen) yaitu *cup* (wadah), *lid* (tutup wadah) dan *filter* (penyaring) dengan masing-masing. Dari ketiga *part* (komponen) yang ditunjukkan pada gambar 4.6 hanya pada *cup* (wadah) yang memiliki kontribusi relatif dampak lingkungan paling besar diantara *part* (komponen) lainnya yaitu sebesar 85,4%, Kemudian pada *part* (komponen) *filter* (penyaring) dengan kontribusi 5,87% dan terakhir pada *lid* (tutup kemasan) dengan kontribusi relatif dampak lingkungan sebesar 2,74%. besarnya kontribusi *cup* (wadah) dengan jenis material *polypropylene* karena besarnya volume *cup* (wadah) dibandingkan dengan *filter* (penyaring) dengan jenis material *polypropylene* dan *lid* (tutup wadah) yang terdiri dari beberapa jenis material. Pada proses manufaktur dampak terbesar diberikan pada proses manufaktur *polypropylene injection* dimana persentase kontribusi

relatif sebesar 70,2%. Emisi yang ada pada proses produksi *polypropylene* menghasilkan Gas-gas berbahaya yang ditimbulkan seperti gas karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO₂).

3. Analisa Life Cycle Flowchart untuk Kemasan Nissin Newdles 77 gr (Polystyrene)

Dapat dilihat pada gambar 4.7 kemasan Nissin Newdles 77 gr (*Polystyrene*) memiliki 2 *part* (komponen) yaitu *cup* (wadah) dengan jenis material *polystyrene* dan *lid* (tutup wadah) dengan jenis material *High Density Polyethylene* (HDPE). Hampir sama dengan produk Kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*polystyrene*) hanya perbedaan terletak pada *volume*, bentuk material, dan berat. Pada *part* (komponen). Kontribusi relatif terbesar diantara kedua *part* (komponen) adalah pada *cup* (wadah) sebesar 49%, sedangkan *lid* (tutup wadah) hanya berbeda tipis dengan *cup* (wadah) yaitu sebesar 44,3%. Pada proses manufaktur *polystyrene thermoforming* merupakan kontribusi relatif terbesar dengan persentase sebesar 43,5%. Besarnya proses ini karena proses pembuatan *polystyrene* melepaskan senyawa *chlorofluorocarbon* (CFC) ke atmosfer yang kemudian akan mengikis lapisan ozon dan berpotensi menyebabkan *global warming*

4. Analisa Life Cycle Flowchart untuk Kemasan Kemasan Mi ABC Cup 80 gr (Paper)

Life cycle Flowchart menampilkan kontribusi relatif pada kemasan Mi ABC Cup 80 gr (*paper*) yang ditunjukkan pada gambar 4.8, dimana jumlah *part* (komponen) hampir sama dengan produk lainnya yang terdiri atas *cup* (wadah) dan *lid* (tutup wadah). Kontribusi relatif pada wadah sangat tinggi dibandingkan dengan *lid* (tutup wadah) yaitu 90,5 % sedangkan *lid* (tutup wadah) hanya sebesar 5,78%. Perbedaan yang sangat jauh ini karena komposisi cup terdiri atas dua jenis material yaitu *kraft paper* dan *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan dengan berat yang berbeda jauh walaupun *lid* (tutup wadah) terdiri atas tiga jenis material yang berbeda. Jenis material

paper pada *cup* (wadah) kemasan Mi ABC cup 80 gr (*paper*) mengambil bahan baku berupa pohon dari alam, dimana setiap tahunnya terjadi penurunan pada luas hutan sebagai produsen oksigen sehingga cukup memberikan kontribusi pada lingkungan. Pada proses manufaktur *kraft paper blached* memberikan kontribusi relatif yang besar yaitu 81,7%.

5.1.2 Analisa Characterization

Dampak yang dihasilkan selama *Life Cycle Inventory* (LCI) yang terdiri dari berbagai *input* dan *output* yang mempengaruhi manusia, hewan, tumbuhan dan kesehatan ekologi secara keseluruhan. Semua dampak yang ditimbulkan bisa langsung, tidak langsung atau secara kumulatif pada skala lokal, regional atau global.

Berdasarkan metode Eco-indicator 99 yang digunakan dalam perangkat lunak SimaPro 7.3.3, hasil karakterisasi yang dihasilkan untuk analisis ditabulasikan dalam Tabel 4.14 dan diwakili secara grafik dalam Gambar 4.7. Pada sumbu y skor efek dihitung tertinggi diukur dengan skala 100% dan menunjukkan *impact category* untuk setiap produk. Karakterisasi menunjukkan kategori mana memiliki dampak, apakah dampaknya positif atau negatif dalam setiap kategori siklus hidup yang memiliki efek terbesar Hasil dari SimaPro menunjukkan bahwa semua produk mempunyai nilai positif yang berarti memberikan dampak negatif terhadap lingkungan.

Selama pengkategorian, data ini diurutkan dan ditempatkan ke dalam tiga kategori kerusakan yang luas *Human health* (kesehatan manusia), *Ecosystem quality* (kualitas ekosistem), dan *Resources* (sumber daya). Berikut analisa dampak lingkungan perkategori dampak:

1. *Human health*

a. Analisa dampak *Carcinogens*

Carcinogens adalah zat yang mampu menyebabkan kanker pada manusia atau hewan. Pada umumnya karsinogen dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu bahan kimia, radiasi, dan virus. Dapat dilihat grafik pada

gambar 4.9 menunjukkan kemasan Nissin Yakisoba 80 gr memberikan kontribusi dampak lingkungan terbesar dengan nilai 1.91E-08.

b. *Respiratory organics*

Efek pernapasan akibat asap musim panas, karena emisi zat organik untuk udara, menyebabkan efek pernapasan. Kerusakan dinyatakan dalam kerusakan yang disesuaikan (DALY). Dari gambar 4.9 menunjukkan grafik kemasan Pop Mie 80 gr (*polypropylene*) memberikan dampak kontribusi lingkungan terbesar yaitu sebesar 1.61E-10.

c. *Respiratory inorganics*

Efek pernapasan akibat musim dingin asap yang disebabkan oleh emisi debu, SO₂ (*sulfur*) dan NO₂ (*nitrogen oxides*) ke udara. Kerusakan dinyatakan dalam kerusakan yang disesuaikan (DALY). Kemasan Pop Mie 80 gr (*polypropylene*) memberikan kontribusi dampak terbesar dengan nilai 5.83E-08 yang ditunjukkan pada gambar 4.9.

d. *Climate change*

Climate Change didefinisikan perubahan iklim atau perubahan keadaan cuaca rata-rata, contohnya jumlah peristiwa cuaca yang ekstrem. Perubahan iklim terbatas hingga regional tertentu atau dapat terjadi di seluruh wilayah Bumi. Perubahan iklim terbatas hingga regional tertentu atau dapat terjadi di seluruh wilayah Bumi. Hal ini dikenal sebagai efek gas rumah kaca. Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.9, kemasan yang memberikan dampak terbesar terhadap lingkungan yaitu Pop Mie 80 gr (*polypropylene*) dengan nilai kontribusi sebesar 3.63E-08. Emisi yang memberikan dampak pada besarnya climate change yaitu karbondioksida (CO₂) dan metana (CH₄).

e. *Radiation*

Radiasi suatu kondisi terperangkapnya gas atmosfer seperti karbondioksida, metana, *nitrous oxide*, uap air, dan *chlorofluorocarbon* yang menjebak radiasi inframerah di bumi. Gas tersebut membuat lapisan atmosfer semakin menipis sehingga menyebabkan meningkatnya intensitas

radiasi seperti sinar ultraviolet (UV) sehingga memberikan dampak lingkungan seperti peningkatan suhu di bumi. Pada grafik yang ditunjukkan gambar 4.9, kemasan Mie Cup ABC 80 gr (*paper*) dengan nilai kontribusi sebesar $3.15E-10$ merupakan kemasan yang memberikan pengaruh esar dibandingkan kemasan lainnya..

f. *Ozone layer*

Ozone layer adalah lapisan di atmosfer bumi yang menyerap sebagian besar radiasi UV matahari. Lapisan ozon ini terutama ditemukan di bagian bawah stratosfer dari sekitar 20 sampai 30 kilometer (12 sampai 19 mil) di atas Bumi, meskipun ketebalan bervariasi. Dari grafik pada gambar 4.9 menunjukkan kemasan Pop Mie 80 gr (*polypropylene*) adalah kemasan dengan kontribusi yang besar dengan nilai $1.34E-11$.

2. *Ecosystem quality*

a. *Ecotoxicity*

Kategori ini berhubungan dengan dampak dari bahan berbahaya pada ekosistem air tawar, air laut, dan tanah. Area yang dilindungi adalah lingkungan dan sumber daya alam. Grafik pada gambar 4.9 menunjukkan bahwa kemasan Pop Mie 80 gr (*polypropylene*) memiliki kontribusi dengan nilai 0.014888.

b. *Acidification/eutrophication*

Pengasaman / *Acidification* adalah polusi yang bersifat mengasamkan memiliki banyak dampak pada tanah, air bawah tanah, air di permukaan tanah, organisme biologi, ekosistem, dan material. Polusi yang bersifat mengasamkan yang paling utama adalah *Sulfur Oxides* (SOx) *Nitrogen Oxides* (NOx) *Hydrochloric Acid* (HCL) *Hydroflouric Acid* (HF) *Ammonia* (NH4) . kontribusi dampak lingkungan yang ditunjukkan pada gambar 4.9, kemasan Pop mie 80 gr (*polypropylene*) dengan nilai 0.001756 merupakan dampak terbesar terjadinya *acidification*.

c. *Land use*

Land use melibatkan manajemen dan modifikasi lingkungan alam atau hutan menjadi bangunan dan permukiman. Pemanfaatan lahan dan

praktek pengelolaan lahan memiliki dampak yang besar pada sumber daya alam termasuk air, tanah, nutrisi, tumbuhan dan hewan. Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.9, kemasan mie ABC cup 80 gr (*paper*) memberikan kontribusi dampak terbesar.

3. *Resources*

a. *Minerals*

Sumber daya mineral aset yang paling berharga yang perlu dilindungi dan demi pemanfaatan yang berkelanjutan dengan tujuan memenuhi kebutuhan jangka pendek. Dari grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.9 menunjukkan bahwa kemasan Mie ABC Cup 80 gr (*paper*) memberikan kontribusi dampak terhadap lingkungan terbesar dibandingkan dengan kemasan lainnya.

b. *Fossil fuels*

Bahan bakar fosil adalah bahan bakar yang dibentuk oleh proses alam. Usia organisme membentuk menjadi bahan bakar fosil adalah jutaan tahun. Bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi, dan gas alam adalah sumber daya tak terbarukan karena butuh jutaan tahun untuk terbentuk, besarnya penggunaan tidak sebanding dengan proses pembentukannya. Dari keempat produk, kemasan Pop mie 80 gr (*polypropylene*) memberikan kontribusi dampak terbesar dengan nilai kontribusi sebesar 0.343181 seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9.

5.1.3. *Analisa Normalization*

Tujuan dari normalisasi adalah untuk memahami besarnya kontribusi dampak relatif untuk setiap hasil indikator sistem masing-masing produk yang diteliti. Ini merupakan elemen pilihan di bawah standar ISO yang mungkin membantu dalam memberikan informasi tentang pentingnya kontribusi relatif dari hasil indikator. Hal ini juga berguna dalam mempersiapkan prosedur tambahan, seperti pengelompokan, pembobotan atau interpretasi siklus hidup.

Dari hasil grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.8 merupakan hasil normalisasi untuk siklus hidup penuh dari semua produk berdasarkan *impact category*. Kategori dampak ditampilkan untuk menunjukkan bahwa dalam setiap kategori kerusakan, kategori dampak memiliki efek yang berbeda. Hal ini juga menunjukkan keragaman dampak dalam setiap kategori kerusakan.

Terdapat kategori dampak yang cukup signifikan, diantara *impact category* lainnya yaitu bahan bakar fosil (*fossil fuels*). Dari masing-masing nilai *impact category*, kemasan Pop Mie 80 gr (*polypropylene*) memberikan dampak terbesar dibandingkan dengan kemasan lainnya yaitu sebesar $4.55E-05$. Bahan bakar fosil adalah sumber daya tak terbarukan karena mereka mengambil jutaan tahun untuk terbentuk, dan cadangan sedang habis jauh lebih cepat daripada yang baru sedang dibuat. Produksi dan penggunaan bahan bakar fosil menimbulkan dampak lingkungan terutama pada kemasan pop mie 80 gr (*polypropylene*) karena memiliki jumlah komponen (part) lebih banyak dibandingkan kemasan lainnya.

5.1.4. Analisa Weighting

Weighting merupakan langkah untuk menggabungkan hasil indikator di kategori dampak skor tunggal. Untuk memperoleh skor tunggal yang mewakili lingkungan dampak produk, kita perlu pengumpulan data lebih lanjut. Pembobotan (penilaian) adalah langkah dimana kategori dampak yang berbeda ditimbang, sehingga mereka dapat dibandingkan antara diri mereka sendiri, misalnya kepentingan relatif dari efek dinilai. Dalam analisis perbandingan tujuan utama adalah untuk mengetahui salah satu produk yang memenuhi fungsi yang sama merupakan pilihan terbaik bagi lingkungan.

Dari *output* simapro didapatkan nilai pembobotan masing-masing produk pada setiap *impact category*. Terdapat nilai bobot yang cukup tinggi dari beberapa *impact category* seperti pada *carcinogens*, *Respiratory inorganics*, *Climate change*, *land use*, dan *fossil fuels*.

Impact category carcinogens dampak lingkungan terbesar yaitu pada kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*polystyrene*) dengan nilai 0.000871, *Impact category Respiratory inorganics* dampak lingkungan terbesar yaitu pada kemasan

Pop Mie 80 gr (*polypropylene*) dengan nilai kontribusi 0.002659, *Impact category Climate change* dampak lingkungan terbesar yaitu pada kemasan Pop Mie 80 gr (*polypropylene*) dengan nilai kontribusi 0.001658, *Impact category land use* dampak lingkungan terbesar yaitu pada kemasan mie ABC cup 80 gr (*paper*) dengan nilai kontribusi 0.00155 dan *Impact category Respiratory fossil fuels* dampak lingkungan terbesar yaitu pada kemasan Pop Mie 80 gr (*polypropylene*) dengan nilai kontribusi 0.009094.

5.1.5. Analisa Single Score

Single score merupakan tahapan akhir dalam menilai dampak lingkungan siklus hidup dari semua kemasan produk yang diteliti yaitu Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystyrene*), mie instan cup Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*), dan mie instan cup Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*), Nissin Newdles 77 gr (*Polystyrene*). Dengan menjumlahkan semua nilai bobot maka akan mendapatkan nilai kontribusi dampak lingkungan pada setiap produk kemasan, berikut adalah kontribusi dampak lingkungan setiap kemasan produk.

1. Nissin Newdles 80 gr (*polystyrene*)

Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.12 kontribusi total dampak terbesar dari kemasan nissin yakisoba 80 gr (*polystyrene*) adalah *fossil fuels* dengan nilai kontribusi sebesar 0.003637. Jenis plastik *polystyrene* pada *cup* (wadah) dan *High Density Polyethylene* (HDPE) pada *lid* (tutup wadah) yang berasal dari minyak mentah merupakan bahan bakar fosil yang tidak terbarukan. Bahan bakar fosil terbentuk dari pembusukan organisme selama jutaan tahun. pembakaran bahan bakar fosil untuk membuat plastik produk kemasan nissin yakisoba 80 gr (*polystyrene*) melepaskan CO₂ (karbon dioksida) yang merupakan gas rumah kaca. polusi udara dan air juga dihasilkan dari proses ekstraksi *fossil fuels*.

2. Mie ABC Cup 80 gr (*paper*)

Kontribusi terbesar dari kemasan mie ABC Cup 80 gr (*paper*) adalah *land use* seperti yang ditunjukkan grafik pada gambar 4.12 dengan nilai kontribusi dampak lingkungan sebesar 0.00155. kontribusi terbesar terdapat

pada *part* (komponen) *cup* (wadah) yang terbuat dari (*paper*). Bahan baku dari *paper* itu sendiri yaitu pohon, dimana fungsi pohon yang sangat teramat penting seperti pengurangan zat pencemar seperti karbon dioksida dan sebagai penghasil oksigen yang merupakan sumber kehidupan makhluk hidup di bumi ini. Semakin berkurangnya luas lahan yang digunakan untuk kebutuhan manusia seperti kemasan jenis *paper* maka semakin besar pula dampak yang ditimbulkan.

3. Nissin yakisoba 80 gr (*polystyrene*)

Pada kemasan Nissin yakisoba 80 gr (*polystyrene*), kontribusi terbesar dari seluruh *impact* kategori adalah *fossil fuels* yang ditunjukkan pada gambar 4.12 dengan nilai kontribusi sebesar 0.004557. Serupa dengan kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*polystyrene*), *part* (komponen) *cup* dengan jenis material *polystyrene* dan *lid* (tutup kemasan) berasal dari minyak mentah merupakan bahan bakar fosil yang tidak terbarukan. Dampak lingkungan dari kemasan jenis ini diperparah dengan hanya penggunaan sekali pakai karena tidak adanya pengolahan daur ulang jenis *polystyrene*.

4. Pop mie 80 gr (*polypropylene*)

Dari grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.12 menunjukkan kontribusi dampak kemasan Pop mie 80 gr (*polypropylene*) terbesar adalah *fossil fuels* dengan nilai kontribusi sebesar 0.009094. *impact category* lainnya seperti *respiratory inorganics* memberikan dampak dari kemasan ini terhadap lingkungan. Walaupun jenis material *polypropylene* dapat didaur ulang tetapi mengingat bahan baku yang didapatkan dari ekstraksi minyak mentah yang tidak terbarukan tetap memberikan dampak yang besar bagi lingkungan.

Dari keempat produk yang diteliti dapat dilihat kontribusi dampak lingkungan tertinggi yaitu kemasan Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*) dengan nilai kontribusi total sebesar 0.014297 pt. Besarnya kemasan Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*) dikarenakan jumlah *part* yang lebih banyak dibandingkan dengan produk lainnya serta jenis material yang berbeda-beda pada masing-masing *part* (komponen). kontribusi dampak lingkungan terkecil yaitu pada kemasan Mi ABC

Cup 80 gr (*Paper*) dengan nilai total kontribusi sebesar 0.005773 pt. Kemasan *cup* (wadah) yang terbuat dari *paper* lebih *biodegradable* (lebih mudah terurai secara alami) dibandingkan dengan kemasan lainnya.

5.2 Proses Perbaikan

Proses perbaikan harus dilakukan dalam melestarikan lingkungan yang terus berkelanjutan dan nyaman untuk ditempati. Menghentikan produksi kemasan makanan dari jenis material seperti plastik tidak akan memecahkan masalah karena ada banyak produk lain yang mungkin lebih buruk untuk lingkungan.

Kemasan makanan memegang peranan yang cukup penting untuk industri makanan karena tanpanya tidak akan melindungi isi dari kemasan tersebut. Perbaikan dapat dilakukan untuk memastikan kemasan yang berkelanjutan bagi lingkungan. Perbaikan yang disarankan termasuk mengurangi penggunaan bahan berbahaya dan proses manufaktur, menggunakan bahan alternatif yang lebih berkelanjutan, mengurangi pelepasan emisi dan daur ulang.

5.2.1 Bahan Alternatif

Dari keempat produk yang diteliti, jenis material plastik seperti *polypropylene*, *polystyrene*, *Low Density Polyethylene* (LDPE), dan *High Density Polyethylene* (HDPE) adalah yang menjadi perhatian khusus karena jenis material ini merupakan material *non-biodegradable* (plastik yang secara biologis tidak dapat terurai) sehingga memberikan dampak yang cukup besar pada lingkungan.

Untuk mengurangi pencemaran lingkungan tersebut, saat ini sedang dikembangkan plastik *biodegradable* (secara biologis dapat terurai), yakni plastik yang dapat diuraikan kembali oleh mikroorganisme secara alami menjadi senyawa yang ramah lingkungan yang kini telah diadaptasi kegunaannya dikalangan produsen plastik untuk makanan dan minuman, karena memberikan alternatif serta solusi untuk permasalahan limbah di lingkungan dan juga pemanasan global yang terjadi sekarang ini.

Plastik *biodegradable* dapat dibuat dari polimer alami atau biasa disebut dengan *Polylactic Acid* (PLA). *Polylactic Acid* (PLA) yang merupakan modifikasi asam laktat hasil perubahan zat tepung/pati oleh mikroorganisme. *Polylactic Acid* itu sendiri memiliki sifat tahan panas dan kuat, serta merupakan polimer yang elastis. Saat ini, *Polylactic Acid* (PLA) sudah digunakan untuk beragam aplikasi, diantaranya dibidang medis, kemasan dan tekstil. Dibidang medis, *Polylactic Acid* (PLA) sudah lama digunakan sebagai benang jahit pada saat operasi serta bahan pembungkus kapsul. Selain itu pada dasawarsa terakhir *Polylactic Acid* (PLA) juga dikembangkan untuk pembuatan kantong plastik (*retail bags*), kontainer, bahkan kemasan untuk sayuran dan buah. Dapat juga digunakan dalam bentuk botol dan cangkir sekali pakai untuk kemasan air, susu, jus dan minuman lainnya. Piring, mangkok, nampan, tas, film pertanian merupakan penggunaan lain dari jenis plastik ini. Selain itu dibidang tekstil *Polylactic Acid* (PLA) juga telah diaplikasikan untuk pembuatan kaos dan tas. Di Jepang, *Polylactic Acid* (PLA) bahkan sudah dikembangkan sebagai bahan dasar pembuatan *Compact Disc* (CD) oleh Sanyo. Namun perlu penelitian lebih lanjut dalam penerapannya sebagai kemasan mie instant cup, karena sampai saat ini belum ada studi literatur yang dapat dijadikan sumber data.

5.2.2. Optimalisasi Proses Produksi

Pada proses produksi telah menggunakan banyak energi yang dibutuhkan dan limbah yang dihasilkan. Dalam hal ini penting untuk produsen mengurangi konsumsi energi selama proses produksi dan mengurangi jumlah bahan baku, serta meminimalisasi produksi sampah di proses pengolahan bahan.

5.2.3. Optimalisasi Fase Penggunaan

Pada fase penggunaan, kemasan mie instant cup tidak memberikan dampak terhadap lingkungan, sehingga tidak perlu adanya perbaikan. Hanya saja tergantung pada penyajian produk tersebut karena dalam penyajian mie instant cup membutuhkan air panas untuk memasak, dimana untuk menyediakan air

panas membutuhkan sumber energi seperti listrik, bahan bakar minyak atau gas yang juga bisa memberikan dampak terhadap lingkungan.

Dampak bagi kesehatan kemungkinan toksisitas jenis material *polystyrene* sebagai pengemas makanan berasal dari komponen aditif. Zat aditif yang ditambahkan untuk kelenturan pada proses pembuatan *polystyrene* adalah *dioktil ptalat* (DOP). *dioktil ptalat* DOP menyimpan zat *benzene*, suatu larutan kimia yang sulit dilumat oleh sistem pencernaan. *Benzene* tidak bisa dikeluarkan melalui feses atau urin. Akibatnya zat ini semakin lama semakin menumpuk dan berbalut lemak. Hal tersebut bisa memicu timbulnya penyakit kanker (Sulchan & Endang, 2007).

5.2.4. Recycling (Daur Ulang)

Daur ulang adalah salah satu solusi masalah lingkungan yang telah lama dikenal. Dari empat produk yang diteliti hanya jenis material *polypropylene* pada kemasan cup Pop Mie 80 gr (*polypropylene*) yang dapat didaur ulang. Selebihnya jenis material seperti *paper*, *polystyrene* *High Density Polyethylene* (HDPE) tidak dapat didaur ulang kembali. Oleh karena itu pemanfaatan limbah kemasan plastik merupakan upaya menekan pembuangan plastik seminimal mungkin sehingga menghemat sumber daya yang langsung diambil dari alam.

5.2.5. Emission Reduction (Pengurangan Emisi)

Tahap proses manufaktur melepaskan pembuangan begitu banyak emisi yang mencemari tanah, air dan udara. Pada tahap akhir dari kemasan adalah proses *incineration* atau pembakaran dimana sampah yang terkumpul di TPA dibakar sehingga melepaskan emisi seperti karbondioksida (CO₂), SO₂, NO_x dan lainnya. Selain itu emisi juga dikeluarkan dari proses produksi, transportasi juga memberikan kontribusi dampak terhadap lingkungan.

5.3. Batasan Menggunakan Sima Pro 7.3.3

Sima Pro merupakan *software* yang sangat membantu dalam menilai kontribusi dampak dari produk yang ditelitiserita kemudahannya dapat diakses

oleh pengguna, namun masih banyak hambatan untuk penggunaannya pada produk yang diteliti. Masalah utama adalah ketika menganalisis siklus hidup yang kompleks pada produk, proses produksi, dan kurangnya input data yang disediakan. *software* Sima Pro memiliki beberapa keterbatasan dimana metodologi penilaian dampak (*eco indicator*) mencerminkan standar Eropa. Normalisasi dan faktor bobot juga didasarkan pada standar Eropa. Masalah lain yang terkait dengan perangkat lunak Sima Pro adalah pada jenis bahan, jenis proses, transportasi yang digunakan, tahap pembuangan dan daur hidup produk. Terlepas dari keterbatasan *software* simapro membantu penilaian dengan sangat cepat dan efisien.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah disebutkan sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Life Cycle Assessment* (LCA) dilakukan dengan terlebih dahulu menyusun data *Life Cycle Inventory* (LCI) relevan dari sumber data yang diterbitkan dan *database* yang tersedia dari *database* sima Pro. Perangkat lunak, Sima Pro, digunakan untuk melakukan penilaian dampak siklus hidup produk yang diteliti. Dari Sima Pro didapatkan penilaian sebagai berikut :
 - a. Nilai total dampak kontribusi yang diperoleh untuk kemasan Nissin Yakisoba 80 gr (*Polystyrene*) adalah sebesar 0.007456 pt.
 - b. Nilai total dampak kontribusi yang diperoleh untuk kemasan Pop Mie 80 gr (*Polypropylene*) adalah sebesar 0.014297 pt.
 - c. Nilai total dampak kontribusi yang diperoleh untuk kemasan Nissin Newdles 77 gr (*Polystyrene*) adalah sebesar 0.005929 pt.
 - d. Nilai total dampak kontribusi yang diperoleh untuk kemasan Mi ABC Cup 80 gr (*Paper*) adalah sebesar 0.005773 pt.

Dari semua produk yang diteliti, kemasan mie ABC cup 80 gr (*paper*) merupakan produk yang cukup ramah lingkungan dibandingkan produk lainnya. Karena jenis material *paper* merupakan material *biodegradable* (secara biologis dapat terurai).

2. Setiap produk yang diteliti memberikan kontribusi dampak terhadap lingkungan. Pada kemasan pop mie 80 gr (*polypropylene*) *impact category* terbesar adalah *Respiratory organics*, *Respiratory inorganics* *Climate change*, *ozone layer*, *ecotoxicity*, *Acidification/ Eutrophication*, *Fossil fuels*. Pada kemasan mie ABC cup 80 gr *impact category* terbesar adalah *Radiation*, *land use*, *fossil fuels*. Pada kemasan nissin yakisoba 80 gr (*polystyrene*) *impact category* terbesar adalah *carcinogens*.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Karena masih jaranganya penelitian dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) di Indonesia, maka perlu dilakukan kajian dampak lingkungan yang lebih mendalam dari beberapa pilihan upaya perbaikan dalam rangka penerapan kemasan produk yang lebih ramah lingkungan.
2. Untuk penelitian berikutnya dapat melakukan perancangan sehingga dapat memberikan usulan perbaikan dari desain ataupun jenis material dan menghasilkan kemasan yang lebih ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arafat, yasser,” *Pengaruh Variasi Campuran Dan Temperatur Polypropylene, Polyethylene, Dan Polystyrene Pada Proses Plastic Molding*,”Medan”. Universitas Sumatra Utara, 2010. (diakses 23 Maret 2013).
- Firman,” *Pengaruh Jenis Plastik Pembungkus Pada Penyimpanan Buah Rambutan*.” buah rambutan (*Nephelium lappaceum*, Linn) “. Universitas Hasanuddin Makassar. 2012 (diakses 1 Januari 2013).
- Hasni, Rizka,” *Pembuatan Papan Partikel Dari Limbah Plastik Dan Sekam*”, Skripsi Institut Pertanian Bogor. 2008(diakses 15 Januari 2013).
- Honsono, Nurwanto, “*Analisis Life Cycle Biotaol Berbasis Singkong dan Tandan Kosong Kelapa Sawit di Indonesia*”, Skripsi Teknik Bioproses UI. 2012, (diakses 2 Januari 2013).
- InfoPOM. “*Kemasan Polistirena Foam (Styrofoam)*”. InfoPOM Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Vol. 9, No. 5, September 2008: 1-3. (Majalah Elektronik). (diakses tanggal 21 Desember 2012).
<http://perpustakaan.pom.go.id/KoleksiLainnya/InfoPOM/0508.pdf>
- Lande, Elieser.” *Pengemasan (Packaging) Sebagai Alat Pemasaran*”, UKI Paulus Makassar. 2010, (diakses 20 Desember 2012).
- Latuconsina, Husain. *Dampak Pemanasan Global Terhadap Ekosistem Pesisir Dan Lautan*, “Pesisir Dan Lautan Indonesia”Ternate”. Jurnal Staf Pengajar FPIK UNIDAR Ambon. 2010, (diakses 22 Desember 2012).
- Pringgajaya, Kadek Aditya dan Ciptomulyono, Udisubakti,” *Implementasi Life Cycle Assessment (LCA) dan Pendekatan Analytical Network Process (ANP) untuk Pengembangan Produk Hetric Lamp yang Ramah Lingkungan*,” UKM PT. Inovasi Ide Utama”. Jurnal (ITS) Surabaya. 2011 (diakses 13 Desember 2012).
- Rustika, Novia, ”*Analisis Pengaruh Penerapan Akuntansi Manajemen Lingkungan Dan Strategi Terhadap Inovasi Perusahaan*,” Empiris pada Perusahaan Manufaktur yang terdapat di Jawa Tengah”. Skripsi Universitas Diponegoro. 2011, (diakses 24 Desember 2012).
- Suharto Cenadi, Christine.” *Peranan Desain Kemasan dalam Dunia Pemasaran*”. Jurnal Fakultas Seni dan Desain - Universitas Kristen Petra 2000, (diakses 4 Januari 2013).
- Sulchan, Mohammad dan Nur, Endang,”*Kamanan Pangan Kemasan Plastik dan Stryofoam*”.Jurnal FK UNDIP Semarang. 2007 (diakses 23 Desember 2012).

Widyaningsih, Fadlilah,"*Pengetahuan, Sikap, Dan Tindakan Pemilik Tempat Makanan Jajanan Tentang Penggunaan Styrofoam Sebagai Kemasan Makanan Di Kelurahan Padang Bulan Selayang I Kecamatan Medan Selayang*", " Kecamatan Medan Selayang". Universitas Sumatera Utara, 2010. (diakses 1 Januari 2013)

Yunianto, Rahmanizar Maksum dan Ciptomulyono, Udisubakti," *Kajian Life Cycle Assessment (LCA) Untuk Perbaikan Produksi Air Bersih Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Ngagel Ii Pdam Surabaya Dengan Pendekatan Analytic Network Process (ANP)*", " (PDAM) Kota Surabaya". Jurnal (ITS) Surabaya. 2011 (diakses 15 Desember 2012).

Zygouras, G, Kornaros, M. and Angelopoulos, K." *Life cycle assessment (LCA) as a tool for assing the enviromental performance of flour prouction in greece*". " *Flour production in greece*". University of Patras. 2005 (diakses 4 januari 2013).

<http://en.wikipedia.org/wiki/Polypropylene> (diakses 27 Desember 2012)